

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Informática

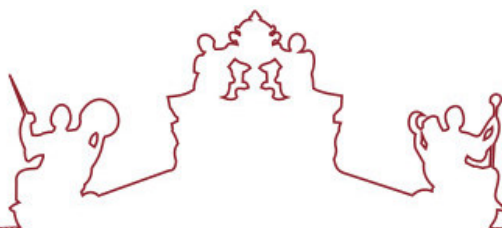
Dissertação

**Desenvolvimento de plataforma digital para apoio
continuado na reabilitação física de vítimas de Acidente
Vascular Cerebral**

Yanne Stiven Delgado Duarte

Orientador(es) | José Saias

Évora 2025



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Informática

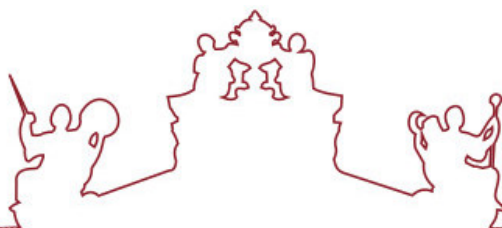
Dissertação

**Desenvolvimento de plataforma digital para apoio
continuado na reabilitação física de vítimas de Acidente
Vascular Cerebral**

Yanne Stiven Delgado Duarte

Orientador(es) | José Saias

Évora 2025



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Lígia Maria Ferreira (Universidade de Évora)

Vogais | José Saias (Universidade de Évora) (Orientador)
Pedro Salgueiro (Universidade de Évora) (Arguente)

Prefácio

Esta dissertação nasce da intersecção de duas inquietações complementares: por um lado, o desafio persistente da continuidade de cuidados na reabilitação pós-acidente vascular cerebral (AVC), especialmente no período que sucede à alta hospitalar; por outro, a convicção de que soluções digitais, quando concebidas com rigor e empatia, podem reduzir barreiras de acesso, apoiar equipas clínicas e devolver autonomia aos utentes e cuidadores. Deste encontro surgiu a proposta e construção de uma plataforma web progressiva para apoio à reabilitação pós-AVC, concebida para funcionar em equipamentos correntes, sem dependência de hardware proprietário e com uma experiência de utilização adaptada a contextos domésticos.

O projeto foi orientado por uma abordagem de engenharia de software pragmática e iterativa. A definição de requisitos resultou da observação dos fluxos de reabilitação e da análise crítica do estado da arte, procurando equilibrar ambição tecnológica e viabilidade implementacional. Optou-se por uma arquitetura modular e escalável, articulando um *frontend* responsivo com um *backend* seguro, e privilegiando padrões amplamente testados na indústria. As decisões foram norteadas por princípios de *privacy by design*, segurança por defeito e acessibilidade, cientes de que a confiança no software em saúde se constrói tanto na qualidade técnica como na proteção de dados e na usabilidade para pessoas com limitações motoras e/ou cognitivas.

Importa sublinhar o âmbito e as fronteiras deste trabalho. A plataforma aqui apresentada constitui um protótipo funcional e uma prova de conceito com avaliação técnica e de experiência de utilização; não substitui acompanhamento clínico, nem se confunde com um ensaio clínico. Sempre que pertinente, foram utilizados dados sintéticos e ambientes controlados, assegurando a não exposição de informação pessoal sensível. A validação clínica avançada, a integração com sistemas hospitalares e a certificação regulatória são perspetivadas como trabalho futuro e exigem colaboração multidisciplinar alargada.

Ao longo do desenvolvimento foram perseguidos três objetivos fundamentais. Primeiro, demonstrar a executabilidade de um *ecossistema* digital centrado no utente — com planos de exercícios em vídeo, apoio informativo e mecanismos de comunicação — que funcione bem em contextos reais, com redes e dispositivos heterogêneos. Segundo, garantir uma base técnica robusta e auditável, incorporando autenticação, autorização, registo de ações críticas e mecanismos que mitiguem riscos operacionais. Terceiro, medir de forma objetiva a qualidade da solução através de métricas de desempenho, acessibilidade e usabilidade, acolhendo recomendações de boas práticas e aprendendo com limitações identificadas nos testes.

Este documento dirige-se a três públicos. Para leitores de perfil técnico, descreve-se a arquitetura, as decisões de desenho e os compromissos assumidos entre simplicidade, segurança e escalabilidade. Para profissionais de saúde e reabilitação, apresenta-se a lógica de utilização da plataforma, a forma como apoia o trabalho clínico e onde se situam as suas atuais limitações. Para decisores e gestores, clarificam-se

os requisitos para evolução, os custos de oportunidade e as condições necessárias à transferência para ambientes de produção com qualidade e segurança.

Sugere-se a seguinte leitura: o Capítulo 1 estabelece o enquadramento e os objetivos; o Capítulo 2 apresenta a fundamentação e a análise do estado da arte em reabilitação digital; o Capítulo 3 descreve a solução proposta, a arquitetura e as principais funcionalidades; o Capítulo 4 documenta o plano de avaliação e os resultados obtidos (desempenho, acessibilidade e experiência de utilização); o Capítulo 5 consolida conclusões e aponta direções para trabalho futuro, incluindo a integração com serviços clínicos e a ampliação do escopo a outras condições neurológicas.

Este percurso foi, acima de tudo, um exercício de escuta e de síntese: escuta das necessidades de utentes, cuidadores e profissionais; síntese entre boas práticas de engenharia, exigências éticas e realidades operacionais dos serviços de saúde. Se este trabalho contribuir, ainda que modestamente, para aproximar tecnologia e reabilitação de forma humana, segura e eficaz, terá cumprido a sua finalidade.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, olhar para mim próprio pela resiliência e por nunca ter desistido. Houve momentos exigentes, mas a persistência e a disciplina diária permitiram transformar dificuldades em aprendizagem.

Aos meus pais, pelo exemplo de trabalho, honestidade e amor incondicional, que foram alicerce e direção em todas as etapas deste percurso.

À minha mulher, Amore-mio, pela paciência, compreensão e companheirismo. Obrigado por amparares as ausências, celebrarmos juntos as pequenas vitórias e por me ajudares a manter o rumo quando a exigência apertou.

À minha filha, Lara, pela leveza com que trouxe equilíbrio a este processo: nos dias mais pesados, bastou a sua presença e as nossas brincadeiras para desanuviar e regressar ao trabalho com foco renovado.

Aos restantes familiares e amigos, pela compreensão, pela disponibilidade e por cada palavra de incentivo. A vossa confiança fez diferença.

Ao meu professor/orientador, Prof. José Saias, pelo incentivo constante, sentido crítico e orientação segura — não apenas nesta dissertação, mas também no artigo científico que, embora não tenha sido aceite e tenha sido transformado em *poster*, me deu enorme satisfação preparar e serviu de embalo para a conclusão da escrita da dissertação.

Aos colegas, pela entreaajuda, revisões, partilha de ideias e espírito de equipa que tornaram este caminho mais sólido e enriquecedor.

Ao meu mestre de capoeira, Mestre Nininho, pela disciplina, pelos valores e pela lembrança permanente de que constância, técnica e ginga também se aplicam à investigação e à vida académica.

Por fim, a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta e que não consigo nomear individualmente — se o fizesse, esta secção seria interminável — deixo o meu sincero agradecimento. A todos, muito obrigado.

Conteúdo

Prefácio	v
Agradecimentos	vii
Conteúdo	ix
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Acrónimos	xvii
Resumo	xix
Abstract	xxi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento do tema	1
1.2 Motivação para este trabalho	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Estrutura do documento	2
2 Fundamentação Teórica e Estado da Arte	5
2.1 Fundamentação Teórica	5
2.2 Estado da Arte	6
2.3 Resumo	8
3 Sistema Proposto	9
3.1 Contextualização do Problema	9

3.2	Objetivos da Solução	10
3.2.1	Funcionalidades	10
3.3	Requisitos do sistema	11
3.3.1	Requisitos Funcionais	11
3.3.2	Requisitos Não Funcionais	14
3.3.3	Requisitos Técnicos	15
3.4	Estudo das tecnologias	17
3.4.1	Vaadin	18
3.4.2	JHipster	18
3.4.3	Spring Boot + Angular	19
3.4.4	Comparação entre Vaadin, JHipster e Spring Boot + Angular	19
3.4.5	Fundamentação da Escolha	19
3.5	Especificação e desenho	20
3.5.1	Perfis de utilizador	20
3.5.2	Funcionalidades planeadas	21
3.6	Arquitetura	22
3.6.1	Princípios Arquiteturais	22
3.6.2	Camadas Lógicas	22
3.6.3	Comunicação e integração entre as camadas do sistema	23
3.6.4	Interações Essenciais	24
3.6.5	Componentes de Alto Nível	24
3.6.6	Modelo de Dados (alto nível)	25
3.6.7	Segurança e Conformidade	25
3.6.8	Ambientes e Entrega	25
3.6.9	Diagrama da Base de Dados	26
3.7	Implementação	28
3.7.1	Primeira Fase: Backend e Funcionalidades Nucleares	28
3.7.2	Segunda Fase: Segurança, Perfis e Comunicação em Tempo Real	28
3.7.3	Terceira Fase: Integração, Empacotamento e Base de Dados	28
3.7.4	Quarta Fase: autorização das gravações com PIN	29
3.7.5	Ferramentas de Apoio ao Desenvolvimento e Testes	29
3.8	Resultado do desenho implementado	29
3.8.1	Interface Web	29
3.8.2	Interface Móvel	38
3.9	Resumo	41

4	Avaliação da Solução	45
4.1	Dimensões de avaliação	45
4.1.1	Funcional	45
4.1.2	Técnica	46
4.1.3	Usabilidade / UX	46
4.1.4	Lighthouse	47
4.1.5	Apache JMeter	47
4.2	Indicação das métricas	47
4.3	Resultados da avaliação	49
4.3.1	Avaliação Funcional: Escalabilidade	49
4.3.2	Avaliação Funcional: Funcionalidades	49
4.3.3	Técnica	56
4.3.4	Usabilidade / UX	62
4.4	Avaliação Lighthouse	69
4.4.1	Avaliação da Página de Autenticação (Iniciar sessão)	69
4.4.2	Avaliação da Página inicial	69
4.4.3	Avaliação da Página de Planos	71
4.4.4	Avaliação da Página de Mensagens	73
4.4.5	Avaliação da Página de Criação de Conteúdos	73
4.4.6	Avaliação da Página registo de Utilizadores	73
4.4.7	Apreciação da avaliação <i>Lighthouse</i>	77
4.5	Análise dos Resultados	77
4.6	Resumo	78
5	Conclusão	81
5.1	Síntese geral	81
5.2	Análise crítica	83
5.3	Reflexão crítica sobre o processo de desenvolvimento	84
5.4	Trabalho futuro	85

Lista de Figuras

3.1	Arquitetura do Sistema	22
3.2	Diagrama Entidade-Relacionamento da Base de Dados	27
3.3	Página de login da aplicação web	30
3.4	Mensagens de erro de validação no formulário de login	31
3.5	Página inicial do perfil de administrador	31
3.6	Página inicial do perfil de fisioterapeuta	32
3.7	Área pessoal de um administrador	32
3.8	Lista de utilizadores do perfil de administrador	33
3.9	Página de utentes associados ao fisioterapeuta	33
3.10	Interface de criação de plano de exercícios	34
3.11	Página de criação de exercícios para os utentes	34
3.12	Lista de planos com filtros na visão do fisioterapeuta	35
3.13	Página de planos do fisioterapeuta com ações de gestão	35
3.14	Página de lista de planos para execução	35
3.15	Exercício em execução com informações e indicador de progresso	36
3.16	Mensagem de conclusão e métricas do plano executado	36
3.17	Página de detalhe de execução de um plano	37
3.18	Interface de criação de notícias e conteúdos educativos	37
3.19	Modal de autorização de gravação com inserção de código PIN	38
3.20	Resposta de recusa de acesso à gravação devido a código inválido	38
3.21	Interface de gravação de vídeo após autorização bem-sucedida	39
3.22	Interface de autenticação na aplicação móvel	40
3.23	Menu lateral do fisioterapeuta na aplicação móvel	41

3.24	Área pessoal na aplicação móvel	42
3.25	Lista de utilizadores na aplicação móvel (perfil administrador)	43
4.1	Comparação entre o tempo médio de resposta e taxa média de processamento nas três fases do teste de <i>stress</i>	61
4.2	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 1).	64
4.3	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 2).	64
4.4	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 3).	65
4.5	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 4).	65
4.6	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 5).	66
4.7	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 6).	66
4.8	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 7).	67
4.9	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 8).	67
4.10	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 9).	68
4.11	Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 10).	68

Lista de Tabelas

3.1	Comparação entre Vaadin, JHipster e Spring Boot + Angular	20
4.1	Avaliação funcional da escalabilidade do sistema	50
4.2	Casos de teste para Gestão de utilizadores	51
4.3	Casos de teste para Perfis e Permissões	52
4.4	Casos de teste para Gravação e Sessões	53
4.5	Casos de teste para Módulo Domiciliário	53
4.6	Casos de teste para Chat	54
4.7	Casos de teste para Notificações	55
4.8	Casos de teste para Monitorização	55
4.9	Casos de teste para Autenticação	55
4.10	Casos de teste para Página inicial	56
4.11	Testes de Desempenho	57
4.12	Resumo executivo – Teste de criação de 80 utilizadores	57
4.13	Tempos de resposta – Criações bem-sucedidas	57
4.14	Distribuição dos tempos de resposta (ms)	57
4.15	Síntese global do teste	58
4.16	Resumo – Teste de Autenticação (100 Utilizadores)	58
4.17	Tempos de resposta – Autenticação bem-sucedida	59
4.18	Verificação dos critérios de aceitação – Teste de Autenticação	59
4.19	Distribuição dos tempos de resposta (ms)	59
4.20	Síntese global – Teste de Autenticação	59
4.21	Resumo dos resultados do teste de <i>stress</i>	60

4.22	Testes de Segurança	61
4.23	Testes de Manutenção	62
4.24	Plano de testes de Acessibilidade	63
4.25	Plano de testes de Usabilidade	63
4.26	Resultados da avaliação da Página de Autenticação em (Web)	70
4.27	Resultados da avaliação da Página de Autenticação em (Mobile)	70
4.28	Resultados da avaliação da Página inicial em (Web)	71
4.29	Resultados da avaliação da Página inicial em (Mobile)	71
4.30	Resultados da avaliação da Página de Planos em Web	72
4.31	Resultados da avaliação da Página de Planos em <i>Mobile</i>	72
4.32	Resultados da avaliação da Página de Mensagens em modo <i>web</i>	73
4.33	Resultados da avaliação da Página de Mensagens em <i>Mobile</i>	74
4.34	Resultados da avaliação da Página de Criação de Conteúdos em modo <i>Web</i>	74
4.35	Resultados da avaliação da Página de Criação de Conteúdos <i>Mobile</i>	75
4.36	Resultados da avaliação da Página registo de Utilizadores em modo <i>Web</i>	76
4.37	Resultados da avaliação da Página Criar Utilizadores <i>Mobile</i>	76

Lista de Acrónimos

API	Interface de Programação de Aplicações
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CSS	Folhas de Estilo em Cascata
CRUD	Criar, Ler, Atualizar, Eliminar
FHIR	Recursos de Interoperabilidade Rápida em Saúde
HTML	Linguagem de Marcação de Hipertexto
HTTP	Protocolo de Transferência de Hipertexto
HTTPS	Protocolo de Transferência de Hipertexto Seguro
JWT	JSON Web Token
HL7	Health Level Seven International
mHealth	saúde móvel
MVC	Modelo-Vista-Controlador
ORM	Mapeamento Objeto-Relacional
PWA	Aplicação Web Progressiva
REST	Transferência de Estado Representacional
SEO	Otimização para Motores de Pesquisa
TI	Tecnologias da Informação
UI	Interface de Utilizador
ULS	Unidade Local de Saúde
UX	Experiência do Utilizador
WCAG	Diretrizes de Acessibilidade do Conteúdo Web
XSS	Scripting Entre Sites
SUS	Escala de Usabilidade do Sistema
PSSUQ	Questionário de Usabilidade do Sistema Pós-Estudo
Likert	Escala de Likert

Resumo

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma plataforma digital para apoiar a reabilitação física de doentes com Acidente Vascular Cerebral (AVC) que foram autorizados a transitar para reabilitação domiciliária e ambulatória.

Esta solução digital facilita a comunicação em tempo real com fisioterapeutas, dissemina conteúdo educativo sobre AVC para aumentar a literacia em saúde dos doentes, e complementa protocolos de reabilitação através de vídeos de exercícios guiados e monitorização de sessões (incluindo contagem de repetições, agendamento e controlo de tempo).

O desenvolvimento consistiu numa Aplicação Web Progressiva (PWA), uma solução híbrida que funciona tanto como aplicação de navegador web como aplicação nativa. A sua arquitetura em camadas isola componentes de interface de utilizador das operações de backend. Combinando tecnologias modernas e robustas, criámos uma aplicação acessível e segura capaz de comunicação em tempo real entre utilizadores e fisioterapeutas. Isto simplifica o acompanhamento das atividades de reabilitação e melhora o bem-estar dos doentes.

Palavras chave: e-health, mobile app, web application, avc, monitorização remota

Abstract

Development of a digital platform for ongoing physical rehabilitation support of cerebrovascular accident victims

The aim of this work is the development of a digital platform to support the physical rehabilitation of stroke patients who were cleared to transition to home-based and outpatient rehabilitation.

This digital solution facilitates real-time communication with physiotherapists, disseminates stroke educational content to boost patient health literacy, and complements rehabilitation protocols through guided exercise videos and session monitoring (including repetition counts, scheduling, and time tracking).

The development consisted of a PWA, a hybrid solution functioning as both a web browser application and a native app. Its layered architecture isolates UI components from backend operations. By combining modern and robust technologies, we created an accessible and secure application capable of real-time communication between users and physiotherapists. This streamlines rehabilitation activity tracking and enhances patient well-being.

Keywords: e-health, mobile app, web application, avc, remote monitoring

1

Introdução

Este capítulo apresenta o contexto e motivação para o desenvolvimento de uma plataforma digital de apoio à reabilitação física de doentes vítimas de AVC, estabelecendo os objetivos específicos do trabalho e a estrutura do documento.

1.1 Enquadramento do tema

O AVC constitui uma das principais causas de incapacidade física em adultos a nível mundial. Após a fase aguda do tratamento hospitalar, a reabilitação física assume um papel crucial na recuperação da mobilidade, força e autonomia dos doentes. No entanto, a continuidade dos cuidados fora do ambiente hospitalar, especialmente em contexto domiciliário ou ambulatório, representa um desafio considerável, tanto para os utentes como para os profissionais de saúde.

Face aos avanços das Tecnologias da Informação (TI), torna-se possível o desenvolvimento de soluções digitais que apoiem a reabilitação física à distância, permitindo um acompanhamento mais próximo, personalizado e seguro dos doentes. Estas soluções tendem a facilitar a comunicação entre utentes e profissionais de saúde, promover a autonomia na execução dos planos de reabilitação e disponibilizar informação educativa relevante sobre o AVC. O presente trabalho surge neste contexto, propondo o desenvolvimento de uma plataforma digital que sirva de apoio contínuo na reabilitação física de pessoas vítimas de AVC.

1.2 Motivação para este trabalho

A motivação para este trabalho fundamenta-se na necessidade crescente de soluções inovadoras que promovam a continuidade dos cuidados de saúde após a alta hospitalar. Em particular, os doentes que estiveram

aos cuidados da Unidade Local de Saúde (ULS) beneficiariam significativamente de uma ferramenta digital que facilite a comunicação com os fisioterapeutas, promova a autonomia no processo de reabilitação e contribuir para a melhoria da sua qualidade de vida.

A escassez de plataformas que conjuguem componentes educativas, funcionais e de monitorização, adaptadas à realidade dos utentes em fase de reabilitação, justifica a elaboração deste projeto. A possibilidade de monitorizar atividades, recolher dados sobre sessões e repetições, torna esta solução particularmente relevante para o acompanhamento personalizado da reabilitação.

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma plataforma digital de apoio à reabilitação física de doentes vítimas de AVC, com especial enfoque na continuidade dos cuidados após a alta hospitalar.

Os objetivos específicos compreendem:

- Desenvolver uma interface intuitiva que facilite a navegação e utilização por parte dos utentes;
- Estabelecer canais dedicados que facilitem a comunicação entre utentes e profissionais de saúde;
- Promover a autonomia dos utentes na execução do plano de reabilitação;
- Disponibilizar conteúdos educativos sobre o AVC, fomentando a literacia em saúde;
- Implementar um sistema de acesso a vídeos explicativos personalizados de exercícios de reabilitação;
- Desenvolver funcionalidades de monitorização e registo de sessões e repetições;
- Implementar um sistema de inquéritos para avaliação das atividades e progresso dos utentes;
- Estabelecer a integração com dispositivos para recolha e monitorização de informações vitais;
- Garantir a proteção dos dados pessoais e o cumprimento das normas de segurança e privacidade em vigor.

1.4 Estrutura do documento

O presente documento encontra-se organizado em diversos capítulos que refletem as diferentes etapas do desenvolvimento do projeto:

- No **Capítulo 2**, apresenta-se a revisão da literatura e o estado da arte, abordando conceitos teóricos fundamentais, metodologias académicas, abordagens por camada, tipologias de dados utilizados, métricas aplicadas e análise de sistemas representativos do estado da arte;
- O **Capítulo 3** descreve o sistema proposto, detalhando os objetivos específicos, a especificação e conceção, a arquitetura do sistema, a abordagem pormenorizada por módulo e a implementação e implantação da solução;
- No **Capítulo 4**, apresentam-se os resultados obtidos, incluindo a síntese da implementação, a comparação com trabalhos relacionados, as dimensões e métricas de avaliação, a análise por módulo e a avaliação dos objetivos iniciais;

- Por fim, o **Capítulo 5** expõe as conclusões do trabalho, contemplando a síntese da implementação, a avaliação dos objetivos iniciais, a reflexão sobre as dificuldades encontradas e as propostas para trabalhos futuros.

2

Fundamentação Teórica e Estado da Arte

A compreensão dos fundamentos teóricos e do estado da arte é essencial para contextualizar o desenvolvimento de soluções digitais de apoio à reabilitação física de sobreviventes de AVC. Por um lado, a fundamentação teórica permite enquadrar conceitos-chave relacionados com a fisioterapia, AVC, os seus impactos clínicos e sociais, as modalidades de reabilitação existentes, bem como os princípios tecnológicos subjacentes a plataformas digitais, aplicações móveis, segurança e comunicação em tempo real. Por outro lado, a análise do estado da arte fornece uma visão crítica e atualizada das soluções que têm sido propostas ou implementadas, tanto em Portugal como no cenário internacional, identificando tendências, metodologias e resultados alcançados. Esta dupla abordagem permite estabelecer as bases conceptuais necessárias, ao mesmo tempo que evidencia lacunas e oportunidades para a investigação e desenvolvimento que sustentam o presente trabalho.

2.1 Fundamentação Teórica

O AVC é uma das principais causas de incapacidade adquirida no mundo e representa um grave problema de saúde pública. Ocorre quando há uma interrupção ou diminuição significativa do fluxo sanguíneo no cérebro, levando à privação de oxigénio e nutrientes das células cerebrais, o que pode resultar em lesão ou morte celular. Clinicamente, distingue-se entre o AVC isquémico, que representa a maioria dos casos, e o AVC hemorrágico, decorrente da rutura de um vaso sanguíneo [TSSG22; RKB⁺23; Org23]. Ambos os tipos podem causar sequelas graves, como défices motores, alterações cognitivas e perturbações da linguagem [Ram21; Fon22].

A reabilitação pós-AVC assume um papel central, pois visa restaurar capacidades perdidas e explorar a neuroplasticidade cerebral. É um processo contínuo e multidisciplinar, envolvendo médicos, fisioterapeutas,

terapeutas ocupacionais e terapeutas da fala. A literatura recente destaca o potencial de tecnologias digitais no apoio à reabilitação, como realidade virtual, jogos sérios e sistemas de bio feedback, que aumentam a motivação e a adesão dos pacientes [HPH⁺19; Rod18]. Nesse contexto, a tele-reabilitação e as soluções mHealth têm mostrado eficácia, ampliando o acesso a cuidados e promovendo a continuidade da terapia em casa [BGL23; RKB⁺23; CAKT⁺24].

Estudos de revisão sistemática e meta-análise reforçam que aplicações móveis com treino físico podem melhorar a função motora e a atividade em sobreviventes de AVC [BGL23; CAKT⁺24]. Além disso, plataformas de monitorização remota, como o *ExerciseCheck* [SSH⁺17] e sistemas de fisioterapia domiciliária [AA13], demonstram viabilidade técnica e clínica para o acompanhamento de doentes à distância. Este cenário reflete uma transformação da prática clínica, alinhada com os princípios de e-health definidos pela Organização Mundial da Saúde [Wor25].

A telemedicina e a telemonitorização são subáreas relevantes da e-health. Permitem recolher sinais vitais e parâmetros funcionais em tempo real, ajustando os planos de tratamento consoante a evolução do paciente [Mar23; Dua25]. Dispositivos inteligentes e sensores vestíveis expandem as possibilidades de acompanhamento contínuo e personalizado [Sil23; Cor20].

Do ponto de vista tecnológico, plataformas digitais podem assumir diferentes formas: aplicações *web*, aplicações móveis e *Progressive Web Apps* (PWAs). Enquanto as aplicações *web* oferecem universalidade de acesso via navegador, as aplicações móveis integram funcionalidades nativas dos dispositivos. As PWAs combinam vantagens de ambos os modelos, funcionando *offline*, enviando notificações e oferecendo experiência semelhante à de aplicações nativas [Moz25; WHA25].

A arquitetura de *software* é crucial para garantir escalabilidade e manutenção. O padrão *Model-View-Controller* (MVC) é amplamente adotado por separar lógica de negócio, interface e controlo [RSL23; Tu23]. A comunicação entre serviços é feita sobretudo por APIs RESTful, usando protocolos seguros como HTTPS e formatos estruturados como JSON [GB20; Rod18]. Bases de dados relacionais, como o MySQL, mantêm-se como escolha robusta em aplicações médicas [KI23].

A comunicação em tempo real é fundamental em contextos de reabilitação. Tecnologias como *WebSockets* permitem interações bidirecionais de baixa latência, ideais para feedback imediato [SP22]. Já os *Server-Sent Events* (SSE) são adequados para fluxos unidirecionais do servidor para o cliente, como notificações clínicas [Moz25; ON24]. O HTTP *polling*, embora simples, é menos eficiente e apresenta maior sobrecarga de rede [MA21].

Outro ponto essencial é a segurança e autenticação dos utilizadores. Protocolos como *JSON Web Tokens* (JWT) permitem a criação de sessões seguras; o *OAuth 2.0* garante delegação de permissões; e o *OpenID Connect* fornece um mecanismo padronizado de autenticação, permitindo a validação de identidades de forma segura e interoperável entre diferentes sistemas. Essas abordagens asseguram confidencialidade e confiança no tratamento de dados clínicos [AvO20; AC22; TSSG22].

Por fim, a integração entre saúde e tecnologia digital abre novas possibilidades para cuidados mais acessíveis, personalizados e eficazes. O enquadramento teórico mostra que, ao combinar conhecimento clínico com avanços em arquitetura de *software*, segurança e comunicação em tempo real, é possível desenvolver plataformas digitais robustas que potenciam a recuperação e a autonomia dos sobreviventes de AVC.

2.2 Estado da Arte

A reabilitação de sobreviventes de AVC representa um dos maiores desafios contemporâneos da saúde, não apenas pela elevada prevalência global desta patologia, mas também pela diversidade e gravidade das suas

sequelas funcionais. Nas últimas décadas, têm-se multiplicado iniciativas que procuram colmatar limitações do modelo tradicional de fisioterapia presencial, explorando tecnologias digitais que permitem monitorizar, avaliar e apoiar o processo de recuperação em contexto domiciliário.

A nível internacional, várias revisões sistemáticas demonstram que aplicações móveis de saúde (*mHealth*) e plataformas de tele-reabilitação oferecem benefícios claros na melhoria da função motora e da atividade física. Rintala et al. [RKB⁺23] destacam evidências positivas sobretudo na reabilitação dos membros superiores, embora os impactos sobre qualidade de vida permaneçam menos conclusivos. De modo semelhante, Bani et al. [BGL23] analisaram intervenções digitais pós-AVC e confirmaram ganhos funcionais, mas apontaram a necessidade de soluções mais personalizadas, com feedback em tempo real. Uma meta-análise de Cao et al. [CAKT⁺24] reforça estes resultados, sublinhando que a adesão a fisioterapia aumenta quando o treino é interativo, monitorizado e acompanhado remotamente. Estes trabalhos fornecem a base científica que sustenta o desenvolvimento de novas plataformas digitais.

No domínio da conceção de sistemas, surgiram soluções como o *ExerciseCheck*, desenvolvido por Saraee et al. [SSH⁺17], que utilizou sensores Kinect para captar o movimento em três dimensões, comparar a execução com modelos de referência e fornecer feedback imediato em vídeo. Esta abordagem alia tele-reabilitação, avaliação objetiva e personalização, e representa um avanço em termos de monitorização não invasiva. Por sua vez, Ar e Akgul [AA13] exploraram redes bayesianas para reconhecimento automático de exercícios com câmaras RGB-D, demonstrando a possibilidade de identificar repetições e posturas de forma robusta. Contudo, a exigência de hardware específico limitava a aplicabilidade doméstica destas propostas.

Em Portugal, o campo da tele-reabilitação tem evoluído com contributos académicos relevantes. Ramos et al. [Ram21] conceberam uma plataforma interativa para doentes com AVC, combinando prescrição de exercícios, avaliação funcional e comunicação entre terapeutas e pacientes, baseada em tecnologias web. A solução visava dar continuidade aos cuidados após a alta, integrando funcionalidades de monitorização remota. Na mesma linha, Silva et al. [Sil23] desenvolveu uma aplicação móvel equipada com sensores de pulso, capaz de recolher parâmetros fisiológicos durante a realização de exercícios e enviá-los em tempo real a profissionais de saúde. O foco esteve na integração de sensores biométricos em contextos clínicos, com potencial de personalização da fisioterapia. Fonseca et al. [Fon22], por outro lado, validou a plataforma RehabVisual, voltada para a estimulação visuomotora em doentes pós-AVC, utilizando técnicas de *eye-tracking* para avaliação objetiva. Martinho et al. [Mar23] apresentou um sistema de telessaúde para reabilitação da mão baseado em sensores pneumáticos, que permitia medir a força de preensão palmar e enviar os dados recolhidos a terapeutas. Estas iniciativas ilustram a diversidade de abordagens em desenvolvimento, todas com ênfase na continuidade da reabilitação no domicílio.

Outros contributos nacionais reforçam a importância da inovação tecnológica neste domínio. Correia et al. [Cor20] estudou o sistema SWORD Phoenix, que utiliza sensores inerciais para monitorizar exercícios e fornecer feedback digital. Este trabalho destacou-se por basear-se em ensaios clínicos com pacientes portugueses, demonstrando ganhos objetivos e reforçando a importância de metodologias centradas em dados. Rodrigues et al. [Rod18] investigou jogos sérios aplicados à fisioterapia neurológica, utilizando dispositivos de captura de movimento como forma de monitorizar e motivar pacientes. Estas propostas mostram como conceitos de gamificação e biofeedback são integrados no contexto nacional, aproximando-se das tendências internacionais.

Internacionalmente, além das revisões já referidas, é relevante o contributo de Hughes et al. [HPH⁺19], que analisaram o desenvolvimento de uma aplicação *mHealth* em dois contextos distintos, Estados Unidos e Etiópia. O estudo evidenciou a importância da adaptação cultural e do desenho centrado no utilizador, mostrando que profissionais de diferentes países tinham prioridades diversas em termos de funcionalidades. Este trabalho sublinha que a eficácia das plataformas digitais não depende apenas da tecnologia, mas também do enquadramento social e cultural em que são aplicadas.

A literatura europeia também tem produzido contributos de relevo. O programa START, desenvolvido na Suíça, foi descrito como exemplo de integração bem-sucedida da tele-reabilitação no percurso clínico estruturado. Embora ainda em fase de avaliação de viabilidade, evidenciou aceitação por parte dos pacientes e continuidade da fisioterapia na transição hospital e o domicílio. Em paralelo, recomendações internacionais reforçam que a reabilitação deve garantir transições seguras e progressivas, com apoio digital quando apropriado [fHE23; NHS24]. Este alinhamento entre investigação e orientações clínicas fortalece o argumento a favor da digitalização da reabilitação.

No plano tecnológico, observa-se um esforço contínuo na integração de padrões abertos e de interoperabilidade. O uso de APIs RESTful e de formatos como JSON já é uma prática consolidada, enquanto normas como FHIR ganham destaque internacional como meio de assegurar a comunicação segura e padronizada entre plataformas digitais e registos clínicos eletrónicos [HL725; Off21]. Tal interoperabilidade é fundamental para que dados recolhidos em contextos de tele-reabilitação sejam utilizados em continuidade de cuidados.

Em síntese, o estado da arte evidencia um cenário de evolução acelerada em que múltiplas abordagens são testadas e validadas. De protótipos baseados em sensores de movimento a plataformas móveis validadas clinicamente, os avanços apontam para um futuro em que a reabilitação pós-AVC será cada vez mais apoiada por tecnologia digital. Portugal acompanha esta tendência, com projetos de investigação e desenvolvimento aplicados em contexto real, reforçando a importância da colaboração entre engenharia biomédica, profissionais de saúde e pacientes. A convergência entre ciência clínica e inovação tecnológica é hoje inegável, e constitui a base para plataformas digitais cada vez mais interativas, personalizadas e integradas no percurso fisioterapêutico.

2.3 Resumo

O capítulo apresentou, em primeiro lugar, a fundamentação teórica necessária para compreender a complexidade do AVC e a importância da reabilitação como processo contínuo e multidisciplinar. Foram explorados os conceitos de e-health, mHealth, tele-reabilitação e monitorização remota, bem como aspetos técnicos relacionados com arquiteturas de software, interoperabilidade, padrões de comunicação e mecanismos de segurança. Em seguida, o estado da arte permitiu analisar de forma detalhada diferentes propostas e soluções desenvolvidas ao longo da última década, desde revisões sistemáticas internacionais até projetos académicos e clínicos nacionais, que demonstram a viabilidade e o impacto da utilização de sensores, jogos sérios, bio feedback e plataformas móveis no processo de reabilitação pós-AVC. Verificou-se que as tendências atuais convergem para soluções mais interativas, personalizadas e integradas em sistemas de saúde, mas que subsistem necessidades de investigação e validação em contextos reais. Assim, este capítulo estabelece as bases conceptuais e críticas que justificam o desenvolvimento da presente investigação, apontando para a relevância e a atualidade de novas abordagens digitais no apoio continuado à reabilitação de vítimas de AVC.

3

Sistema Proposto

Este capítulo apresenta o desenho, desenvolvimento e implementação da plataforma digital de apoio à reabilitação de sobreviventes de AVC. A solução foi concebida para responder às limitações do modelo convencional de reabilitação, caracterizado por sessões presenciais espaçadas, permitindo que os utentes realizem exercícios em contexto domiciliário com acompanhamento remoto por parte dos fisioterapeutas.

O processo de conceção seguiu uma abordagem sequencial, iniciada pelo entendimento e caracterização do problema, a definição de objetivos gerais e, posteriormente, o especificação dos requisitos funcionais e não funcionais. A partir dessa base, delineou-se a arquitetura da aplicação e procedeu-se ao desenvolvimento incremental das funcionalidades.

A plataforma foi desenvolvida e evoluída com base em sessões de demonstração e esclarecimento, o que permitiu validar os requisitos iniciais e refinar alguns aspetos da implementação. Foram previstos três perfis distintos de utilizador (Administrador, Fisioterapeuta e Utente), cada um com funcionalidades próprias e adaptadas ao seu papel no processo de reabilitação.

O capítulo encontra-se organizado em várias secções que abordam as funcionalidades planeadas, a análise tecnológica e fundamentação das escolhas, a especificação e desenho, a arquitetura adotada, as etapas de implementação e, por fim, um resumo que sintetiza os principais contributos alcançados.

3.1 Contextualização do Problema

O AVC provoca frequentemente limitações motoras, cognitivas e comunicacionais que condicionam de forma marcante a vida diária dos sobreviventes, afetando a sua autonomia e a rotina familiar. A reabilitação física é indispensável para recuperar funções e promover independência, mas o modelo convencional, assente em

sessões presenciais regulares, apresenta limitações significativas. Por norma, estas sessões são espaçadas no tempo devido à disponibilidade de recursos, o que reduz o volume de exercício realizado e compromete a intensidade fisioterapeuta necessária à recuperação funcional.

A literatura clínica demonstra que a repetição sistemática de movimentos é essencial para estimular a neuroplasticidade e recuperar capacidades motoras. No entanto, a dependência de fisioterapeutas em ambiente presencial restringe o número de execuções que o paciente consegue realizar. Assim, muitos sobreviventes de AVC acabam por praticar menos exercícios do que seria recomendado, limitando a eficácia do processo de reabilitação.

Neste cenário, a introdução de plataformas digitais apresenta-se como uma oportunidade para aumentar a autonomia do paciente, possibilitando a realização de exercícios em ambiente domiciliário e em maior volume, sem necessidade de supervisão contínua do fisioterapeuta. Para os profissionais de saúde, representam um meio de monitorizar remotamente a evolução funcional, intervir de forma assíncrona e otimizar o tempo de contacto direto, reservando-o para situações que requerem apoio especializado.

Assim, a combinação entre acompanhamento clínico e suporte digital abre caminho a modelos híbridos de reabilitação, que reforçam a continuidade fisioterapia, ampliam o volume de treino e promovem maior independência do paciente no processo de recuperação.

3.2 Objetivos da Solução

O sistema proposto procura disponibilizar uma plataforma digital integrada que apoie, de forma continuada, a reabilitação física de sobreviventes de AVC. Pretende-se criar um ambiente que complemente a fisioterapia tradicional, oferecendo ao utente a possibilidade de realizar exercícios em contexto domiciliário, de forma estruturada e supervisionada à distância.

A plataforma deverá promover maior autonomia do paciente no processo de recuperação, garantindo acesso permanente a conteúdos fisioterapêuticos e facilitando a prática regular de exercícios, mesmo fora do espaço clínico. Paralelamente, o sistema proporcionará aos profissionais de saúde instrumentos de monitorização remota, que lhes permitam acompanhar a evolução dos seus PACIENTES e ajustar planos de tratamento em função do desempenho registado.

Desta forma, o objetivo central é assegurar a continuidade do processo de reabilitação após a alta hospitalar, reduzindo a dependência exclusiva de sessões presenciais e ampliando o volume de exercício possível. O sistema visa, ainda, otimizar a comunicação entre utentes e profissionais, reforçar a motivação por meios digitais e contribuir para um modelo híbrido de cuidados, mais acessível, flexível e eficaz.

3.2.1 Funcionalidades

A aplicação será desenvolvida com o objetivo de oferecer uma experiência eficiente, segura e intuitiva, adaptada aos diferentes perfis de utilizador: **Administrador**, **Fisioterapeuta** e **Utente**. As funcionalidades previstas resultam da análise das necessidades do sistema e da definição dos fluxos de interação esperados para cada perfil.

Entre as funcionalidades centrais, o sistema deverá incluir um módulo de **autenticação e autorização**, que permitirá o registo de novos utilizadores, o acesso seguro à aplicação e o controlo das permissões de utilização de acordo com o perfil atribuído.

A **gestão de utilizadores** contemplará operações de criação, visualização, edição, ativação e desativação

de contas, assegurando a personalização de acessos e a proteção da informação.

No que respeita ao acompanhamento clínico, o sistema deverá disponibilizar ferramentas de **gestão de planos de exercícios**, permitindo ao fisioterapeuta criar, editar e monitorizar planos personalizados para cada utente. Estes planos deverão incluir a possibilidade de consulta dos detalhes de execução e de emissão de relatórios de evolução, que apoiem a tomada de decisão clínica.

O sistema contará igualmente com um módulo de **comunicação e notificações**, que permitirá a troca de mensagens entre fisioterapeuta e utente em tempo real, bem como um sistema de alertas que evidencie visualmente eventos ou mensagens por ler.

De forma a promover a literacia em saúde, o sistema deverá incluir uma área dedicada à criação e gestão de conteúdos educativos relacionados com o AVC, acessível ao fisioterapeuta para publicação de informação destinada aos utentes.

Por fim, será incorporado um mecanismo de **autorização e validação das gravações**, disponível apenas para o fisioterapeuta, que cujo objetivo é autorizar o acesso às gravações. Deverá algo semelhante a um código, que será partilhado com o utente, que deverá disponibilizá-lo onde é solicitado, dando assim permissões ao sistema para a realização de gravação. Os vídeos ficaram sempre armazenados localmente e a plataforma regista os metadados que disponibiliza posteriormente para sua associação aos planos do utente. Este processo reforçará a segurança, privacidade e o controlo sobre o acesso a recursos multimédia.

3.3 Requisitos do sistema

A definição clara e estruturada de requisitos constitui uma etapa fundamental no desenvolvimento de sistemas de software, permitindo transformar necessidades abstratas em especificações objetivas que guiam todo o processo de conceção, implementação e validação. No caso particular de plataformas digitais aplicadas à saúde, esta fase assume uma relevância acrescida, uma vez que a fiabilidade, a segurança e a usabilidade são determinantes para a adesão dos utilizadores e para a eficácia clínica do sistema.

De forma geral, os requisitos podem ser classificados em diferentes categorias, refletindo perspetivas complementares sobre o comportamento esperado da aplicação. Os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades essenciais que o sistema deve oferecer, traduzindo diretamente as tarefas e serviços que respondem às necessidades dos utilizadores. Os requisitos técnicos especificam as condições que suportam essas funcionalidades, assegurando robustez, escalabilidade e adequação tecnológica. Já os requisitos não funcionais dizem respeito a atributos de qualidade, como desempenho, segurança, acessibilidade ou fiabilidade, que condicionam como o sistema funciona e é utilizado pelos seus utilizadores.

Esta secção apresenta, assim, a sistematização dos requisitos do sistema proposto, organizados segundo as três dimensões referidas. O objetivo é estabelecer uma base sólida para o desenvolvimento, assegurando que a solução não apenas responde às necessidades identificadas, mas o faz de forma eficiente e segura.

3.3.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais definem **o que o sistema deve fazer** para satisfazer as necessidades dos seus utilizadores e alcançar os objetivos para os quais foi concebido. Em termos práticos, correspondem às funcionalidades que o sistema deve disponibilizar, como, por exemplo, a gestão de utilizadores, a monitorização remota ou a comunicação entre paciente e profissional de saúde. Ao especificar claramente estas ações, os requisitos funcionais estabelecem as bases que orientam o processo de desenvolvimento e permitem verificar, no final, se o sistema cumpre efetivamente o que foi proposto.

No domínio da engenharia de software, os requisitos funcionais distinguem-se dos requisitos não funcionais porque descrevem comportamentos observáveis do sistema, isto é, tarefas ou serviços que o mesmo deve fornecer [LJ21; BH21]. A sua correta identificação é essencial, pois evita ambiguidades, facilita a comunicação entre equipas multidisciplinares e garante que a solução final responde às necessidades reais. Em áreas críticas como a saúde, esta definição adquire particular relevância, já que qualquer omissão ou erro na especificação pode comprometer a eficácia clínica e a segurança dos pacientes.

De acordo com a norma internacional ISO/IEC/IEEE 29148:2018, os requisitos funcionais constituem a descrição detalhada das capacidades do sistema, traduzindo-se em declarações verificáveis de comportamento que devem ser satisfeitas ao longo do ciclo de vida da aplicação [ISO18]. Esta formalização reforça a sua importância como base do desenho, implementação e validação de sistemas digitais, servindo como elo entre as necessidades dos utilizadores e as soluções tecnológicas propostas.

Gestão de utilizadores

O sistema deverá contemplar um módulo robusto de gestão de utilizadores, permitindo a criação, autenticação e manutenção de contas individuais. Este mecanismo deve limitar-se apenas ao registo dos utilizadores, definindo username e palavra-passe, bem com outras informações como nome, o perfil e se for de perfil utente, associar um perfil do tipo fisioterapeuta a sua conta. Este módulo também será utilizado para a validação de identidade e possibilidade de atualização de dados pessoais. Além disso, a gestão deve abranger a segmentação por perfis distintos: paciente, profissional/fisioterapeuta de saúde e administrador. Cada perfil deverá ser tratado como uma entidade independente dentro da plataforma, com permissões próprias e adaptadas ao perfil desempenhado no processo de reabilitação. Por exemplo, o paciente deverá ter acesso simplificado e intuitivo ao seu plano de reabilitação, enquanto o profissional terá ferramentas avançadas de elaboração de planos e monitorização das execuções. Já o administrador deverá dispor de recursos que lhe permitam supervisionar o funcionamento global da plataforma, manter a infraestrutura conforme as normas de segurança.

Perfis e permissões diferenciados

Para garantir a segurança e a integridade dos dados clínicos, é fundamental que o sistema estabeleça níveis claros de permissões e de acessos. Este requisito implica que cada perfil de utilizador interaja com o sistema apenas dentro dos limites da sua função. Assim, os profissionais de saúde poderão criar, editar e validar planos de reabilitação e acompanhar métricas de desempenho. Os pacientes, por outro lado, terão acesso apenas ao seu próprio histórico de execuções e ao plano de exercícios em vigor, ficando impedidos de alterar ou aceder a dados de outros utilizadores. Os administradores desempenharão um papel de bastidores, garantindo a integridade do sistema, realizando manutenção e assegurando que as políticas de segurança estão a ser aplicadas corretamente. Este controlo granular é essencial não só para proteger a privacidade do paciente, mas também para preservar a qualidade e a confiança do processo terapêutico.

Módulo de apoio às sessões presenciais

Durante as sessões realizadas em ambiente clínico, é importante que a plataforma permita a recolha de elementos multimédia, como vídeos, que documentem a execução correta dos exercícios. Estes registos devem ser facilmente anexados ao perfil do paciente e disponibilizados para consulta futura, funcionando como uma biblioteca personalizada de apoio. Esta funcionalidade acrescenta valor às consultas presenciais, permitindo que o paciente, quando em casa, possa rever os conteúdos e reproduzir os exercícios de forma

mais fiel às indicações do fisioterapeuta. Além disso, o módulo pode incluir anotações feitas pelo profissional, que acompanham os vídeos, esclarecendo pontos críticos como a postura adequada, a respiração correta ou o número de repetições recomendadas. Desta forma, o paciente passa a dispor de um guia personalizado e permanente, diminuindo o risco de erros na prática domiciliária.

Módulo domiciliário

Este módulo constitui a peça central do sistema no contexto do paciente. Através dele, o utente terá acesso a um ambiente digital personalizado, onde poderá consultar detalhadamente o plano de exercícios criado, aceder a vídeos demonstrativos e materiais educativos, e registar, de forma automática, a execução dos exercícios. O módulo deve apresentar os conteúdos de forma organizada e intuitiva, adaptada ao perfil de utilizador que, muitas vezes, poderá apresentar limitações cognitivas ou motoras. Além da simples consulta, o módulo domiciliário deverá incentivar a prática regular, como indicadores de progresso que motivem o paciente. A possibilidade de marcar os exercícios como concluídos permitirá criar um histórico de prática, que se traduzirá em dados objetivos para os profissionais. Esta funcionalidade é crucial, uma vez que a repetição e a regularidade são fatores determinantes para o sucesso da reabilitação pós-AVC.

Comunicação integrada

Um dos maiores obstáculos da reabilitação domiciliária é a falta de comunicação contínua entre o paciente e o fisioterapeuta. Para ultrapassar esta barreira, o sistema deverá incorporar um módulo de comunicação assíncrona que permita a troca de mensagens. Esta funcionalidade abre espaço para que o paciente possa enviar dúvidas ou registos da sua execução de exercícios e que o fisioterapeuta responda com orientações personalizadas. Além disso, todo o histórico das interações deverá ser armazenado de forma segura, constituindo um registo complementar ao processo clínico. As notificações desempenham aqui um papel fundamental, uma vez que alertam o utilizador sempre que existe uma nova mensagem ou resposta. Assim, mesmo fora do espaço clínico, o paciente sente-se acompanhado e apoiado, reduzindo a sensação de isolamento que tantas vezes compromete a adesão ao processo fisioterapêutico.

Monitorização remota e relatórios

A capacidade de monitorizar remotamente o desempenho do paciente é uma das funcionalidades mais transformadoras do sistema. Para tal, a plataforma deve ser capaz de recolher dados objetivos sobre a prática de exercícios, contabilizando automaticamente parâmetros como o número de repetições realizadas, a duração das sessões e a frequência dos treinos. A partir destes dados, devem ser gerados relatórios detalhados, que possibilitam uma avaliação clara e baseada em evidências. Estes relatórios não devem ser encarados apenas como documentos técnicos, mas como ferramentas de comunicação entre paciente e profissional. Para os fisioterapeutas, oferecem informação precisa que suporta a tomada de decisões clínicas e ajustes dinâmicos no plano de reabilitação. Para os pacientes, quando apresentados de forma acessível, funcionam como instrumentos de motivação, tornando visível a sua própria evolução ao longo do tempo. A monitorização remota permite, assim, reforçar a continuidade fisioterapêutica, evitar retrocessos e introduzir intervenções mais rápidas quando o progresso não se encontra dentro do esperado.

3.3.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais definem as qualidades, restrições e condições que um sistema deve cumprir para além das suas funcionalidades diretas. Enquanto os requisitos funcionais descrevem *o que* o sistema deve fazer, os não funcionais determinam *como* o sistema deve fazer, assegurando desempenho, segurança, usabilidade e robustez. Na área da saúde digital, os requisitos não funcionais assumem um papel crucial, uma vez que a eficácia fisioterapêutica depende da confiança, consistência e facilidade de utilização da plataforma [TSSG22; CAKT⁺24; Sil23].

Desempenho e Escalabilidade

O sistema deve suportar múltiplos utilizadores em simultâneo, garantindo tempos de resposta reduzidos mesmo em cenários de carga elevada. A arquitetura deve ser dimensional, tanto horizontal como verticalmente, permitindo a adaptação ao crescimento do número de pacientes e profissionais. O processamento de dados clínicos, como resultados de exercícios e métricas de progresso, deve ser realizado em tempo quase real, assegurando fluidez na interação e confiança no uso da plataforma.

Segurança e Proteção de Dados

A conformidade com regulamentos internacionais e nacionais de proteção de dados, como o Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD), é obrigatória. Todos os dados sensíveis devem ser armazenados de forma encriptada (por exemplo, AES-256) e transmitidos por protocolos seguros (HTTPS/TLS). A autenticação robusta deve basear-se em mecanismos como JSON Web Tokens (JWT), com injeção automática dos tokens em todos os pedidos à Interface de Programação de Aplicações (API). No frontend em Angular, é necessário proteger as rotas com *guards*, pré-carregar dados críticos com *resolvers* e assegurar que apenas utilizadores autorizados têm acesso às diferentes secções do sistema. Adicionalmente, devem ser implementados mecanismos de prevenção contra ataques de injeção de código, XSS e CSRF, salvaguardando a integridade da aplicação.

Usabilidade e Acessibilidade

A interface deve ser intuitiva e adaptada a diferentes níveis de literacia digital, especialmente tendo em conta a faixa etária típica de pacientes pós-AVC. O design deve seguir os princípios das Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1), garantindo que utilizadores com limitações motoras conseguem interagir com a plataforma. A simplicidade da navegação, a clareza na apresentação de conteúdos e a consistência no fornecimento de feedback são aspetos determinantes para a adesão dos pacientes e para a eficácia do processo de reabilitação [Ram21; Fon22; HPH⁺19].

Fiabilidade e Disponibilidade

O sistema deve garantir elevada disponibilidade, idealmente acima de 99,5%, reduzindo ao mínimo interrupções que comprometam a continuidade fisioterapêutica. Devem ser implementados mecanismos de redundância dos dados. A resiliência a incidentes técnicos é essencial para assegurar que pacientes e profissionais não perdem acesso aos planos de reabilitação.

Portabilidade e Compatibilidade

A aplicação deve ser multiplataforma, acessível via navegadores modernos, dispositivos móveis Android e iOS, e em formato Progressive Web App (PWA). A compatibilidade com diferentes resoluções de ecrã e sistemas operativos é necessária para garantir que o sistema pode ser utilizado em ambientes clínicos diversificados e em contextos domiciliário, sem limitações impostas pela tecnologia disponível.

Manutenibilidade e Extensibilidade

O código deve ser modular, documentado e desenvolvido segundo padrões reconhecidos, como MVC e camadas RESTful, garantindo separação entre front-end e back-end. A arquitetura deve permitir a integração de novos módulos, como sensores biométricos ou algoritmos de análise de movimento, sem necessidade de alterações estruturais. A utilização de frameworks consolidadas, como Spring Boot e Angular, assegura suporte contínuo, comunidade ativa e possibilidade de evolução tecnológica a médio e longo prazo [Mar23; Cor20].

Experiência do Utilizador

A plataforma deve fornecer feedback imediato e consistente durante a execução de exercícios, reforçando a motivação do paciente. Os conteúdos devem ser personalizados conforme o perfil clínico do utilizador, incluindo notificações, alertas e relatórios simplificados. Em caso de erros, as mensagens apresentadas devem ser claras e orientadas para a resolução, evitando frustração e aumentando a confiança do utilizador na plataforma [GSK⁺25; HPH⁺19].

3.3.3 Requisitos Técnicos

Enquanto os requisitos funcionais descrevem as ações e serviços que o sistema deve oferecer, os requisitos técnicos especificam **como essas funcionalidades devem ser implementadas e suportadas pela infraestrutura tecnológica**. Em termos gerais, dizem respeito às condições e características que garantem que o sistema pode operar de forma estável, segura e escalável. Incluem aspetos como a arquitetura de software, o desempenho, a segurança, a interoperabilidade, a disponibilidade em diferentes plataformas e a capacidade de integração com outros sistemas.

A sua função principal é assegurar que o sistema não apenas cumpre os objetivos funcionais, mas que o faz de forma eficiente e fiável, considerando limitações práticas de hardware, software e redes [LJ21; BH21]. Sem uma especificação técnica adequada, mesmo um sistema rico em funcionalidades pode falhar na prática, por exemplo, por não responder a um número elevado de utilizadores em simultâneo, por apresentar falhas de segurança ou por não permitir futuras evoluções.

No domínio da saúde digital, os requisitos técnicos assumem um papel ainda mais crítico. Segundo a norma ISO/IEC 25010, que define a qualidade de sistemas e software, aspetos como segurança, fiabilidade, usabilidade, eficiência e compatibilidade são indispensáveis para garantir que aplicações clínicas são seguras e eficazes [ISO11]. Assim, os requisitos técnicos estabelecem o alicerce sobre o qual as funcionalidades são construídas, funcionando como guia para decisões de arquitetura, escolha de tecnologias e estratégias de manutenção.

Arquitetura escalável e modular

O sistema deverá assentar numa arquitetura modular, concebida para permitir evolução, manutenção e integração futura com outros serviços de saúde digital. A escolha por uma abordagem baseada em camadas (frontend, backend, base de dados) ou em microsserviços garante maior flexibilidade na gestão de componentes, bem como a possibilidade de atualização de partes do sistema sem comprometer a estabilidade global. Esta característica é essencial para assegurar a longevidade da plataforma e a sua capacidade de adaptação a novos requisitos clínicos ou tecnológicos.

Disponibilidade multiplataforma

Uma das premissas fundamentais é que o sistema seja acessível a partir de diferentes dispositivos, como computadores, tablets e smartphones. Para tal, deverá ser desenvolvido como aplicação web responsivo e como Progressive Web App (PWA), o que permite combinar as vantagens das aplicações móveis (acesso offline, notificações push, integração com funcionalidades do dispositivo) com a universalidade de acesso via navegador. Esta abordagem garante que pacientes e profissionais conseguem utilizar a plataforma sem barreiras tecnológicas, independentemente do tipo de dispositivo disponível.

Comunicação segura e padronizada

A troca de informação entre cliente e servidor deve ser realizada por meio de protocolos seguros, nomeadamente HTTPS, garantindo a encriptação dos dados em trânsito. Os formatos de dados devem seguir padrões amplamente aceites, como JSON, que permitem interoperabilidade com outras plataformas e serviços externos. Esta combinação de segurança e padronização não apenas protege a confidencialidade das informações clínicas, como também facilita a futura integração com sistemas de registos eletrónicos de saúde.

Capacidade de comunicação em tempo real

O sistema deve dispor de mecanismos que permitam interações em tempo real entre paciente e profissional, nomeadamente em funcionalidades como chat, envio de notificações. Tecnologias como WebSockets ou Server-Sent Events (SSE) são particularmente adequadas, assegurando uma ligação contínua e eficiente entre cliente e servidor. Esta capacidade é crucial para que os profissionais possam intervir rapidamente, reforçando a sensação de acompanhamento permanente e aumentando a confiança do paciente na plataforma.

Autenticação e autorização robustas

A segurança dos dados clínicos é uma prioridade absoluta, sendo necessário implementar mecanismos modernos de autenticação e gestão de sessões. Entre as abordagens recomendadas encontram-se JSON Web Tokens (JWT), OAuth 2.0 e OpenID Connect, que permitem não só validar identidades de forma segura, mas também gerir permissões de acesso em função dos diferentes perfis de utilizador. Esta camada de segurança garante que apenas utilizadores autorizados acedem aos dados e funcionalidades, em conformidade com regulamentos de proteção de dados como o RGPD.

Base de dados fiável e otimizada

O armazenamento das informações deverá ser realizado em bases de dados relacionais robustas, como MySQL ou PostgreSQL, capazes de lidar com grandes volumes de informação e assegurar consistência dos dados. É fundamental que sejam aplicadas práticas de backup automático, replicação e mecanismos de recuperação em caso de falha, para evitar perdas de informação sensível. Além disso, a estrutura da base de dados deve ser concebida para suportar tanto dados clínicos (planos, métricas de desempenho) como dados administrativos (utilizadores, permissões).

Escalabilidade e desempenho

O sistema deve ser capaz de responder a um número crescente de utilizadores simultâneos, mantendo tempos de resposta adequados e sem comprometer a experiência do utilizador. Para isso, é necessário garantir uma arquitetura que suporte a carga, cache de dados e otimização de consultas à base de dados. Este requisito técnico é especialmente importante em soluções de saúde digital, onde a falha ou a lentidão podem comprometer a adesão dos pacientes e a eficácia do acompanhamento clínico.

Mensagens de estado

Os *toasts*, *loaders* e *empty states* constituem elementos essenciais da interface e da experiência do utilizador em aplicações digitais contemporâneas.

Os *toasts* correspondem a mensagens breves e não intrusivas cuja finalidade é informar o utilizador acerca do resultado imediato de uma ação executada. São apresentados de forma temporária, sem interromper a interação com o restante conteúdo da interface, e desaparecem automaticamente após um curto intervalo de tempo. A sua função principal consiste em fornecer *feedback* rápido e contextual, permitindo ao utilizador compreender o estado atual do sistema sem necessidade de confirmação adicional [Fon22; Sil23].

Os *loaders* representam indicadores visuais de processamento ou carregamento, utilizados para comunicar que o sistema se encontra a executar uma tarefa em segundo plano. Estes elementos asseguram a perceção de atividade contínua, prevenindo a sensação de bloqueio ou falha da aplicação. Devem manter-se visíveis apenas enquanto o processo decorre, desaparecendo de imediato após a sua conclusão, de modo a preservar a fluidez e a previsibilidade da experiência de utilização [Ram21; Mar23].

Os *empty states* referem-se aos estados de ecrã em que não existem dados disponíveis para apresentação. O seu propósito é evitar espaços vazios e orientar o utilizador quanto à ausência temporária ou permanente de informação. Estes estados devem ser concebidos de forma clara e informativa, reforçando a coerência visual e comunicacional da aplicação, bem como a perceção de controlo e orientação no fluxo de navegação [RKB⁺23; HPH⁺19].

3.4 Estudo das tecnologias

Com a crescente complexidade das aplicações *web* modernas, a escolha da *stack* tecnológica torna-se um fator crítico para o sucesso de um projeto de software. No ecossistema *Java*, destacam-se soluções amplamente utilizadas, como o *Vaadin* [Vaa25], o *JHipster* [JHi25] e a combinação das *frameworks* *Spring Boot* com *Angular* [Spr24; Ang25; Ang24]. Cada abordagem apresenta vantagens e limitações que influenciam diretamente a produtividade, a escalabilidade do sistema e a experiência do utilizador.

3.4.1 Vaadin

Segundo a documentação oficial, o *Vaadin* é uma *framework* de código aberto, baseada em *Java*, vocacionada para o desenvolvimento de aplicações *web* interativas com foco na experiência do utilizador e na produtividade [Vaa25]. Permite criar interfaces inteiramente em *Java*, abstraindo o uso direto de *HTML*, *CSS* e *JavaScript*. A lógica da interface é executada no servidor, sendo a comunicação com o cliente gerida automaticamente através de *AJAX* e *WebSockets* [Vaa25].

Pontos fortes:

- Desenvolvimento centrado em *Java*, reduzindo a necessidade de múltiplas linguagens.
- Elevada produtividade através de componentes prontos a usar.
- Integração nativa com *Spring Boot*.
- Comunicação eficiente via *WebSockets*.

Pontos fracos:

- Menor flexibilidade na personalização da interface.
- Maior carga no servidor em cenários com muitos utilizadores simultâneos.
- Comunidade e ecossistema menos expressivos quando comparados com outras tecnologias.

3.4.2 JHipster

O *JHipster* é um gerador de aplicações *web* modernas que combina o *Spring Boot* no *backend* com *frameworks* como *Angular*, *React* ou *Vue* no *frontend*, acelerando o arranque de projetos através de geração automática de código e configuração de arquiteturas completas [JHi25].

Pontos fortes:

- Geração automática de aplicações completas, alinhadas com boas práticas de desenvolvimento.
- Suporte a diferentes arquiteturas (*monolith*, *microservices*, *gateway*).
- Integração nativa com ferramentas *DevOps* (contentores *Docker*, *Kubernetes*).
- Suporte a várias *frameworks* de *frontend*.

Pontos fracos:

- Curva de aprendizagem elevada devido à diversidade de opções.
- Complexidade do código gerado, com impacto potencial na manutenção a longo prazo.
- Sobrecarga de recursos em projetos de pequena escala.

3.4.3 Spring Boot + Angular

A combinação entre *Spring Boot* e *Angular* é uma das mais adotadas no desenvolvimento de aplicações *web* empresariais modernas, pela robustez do *backend* e pela riqueza do *frontend* [Spr24; Ang25]. O *Spring Boot* fornece um *backend* seguro e estável para construção de *APIs RESTful*, enquanto o *Angular* suporta a implementação de *Single Page Applications (SPA)* altamente interativas [Spr24; Ang25].

Pontos fortes:

- Separação clara entre *frontend* e *backend*, facilitando a escalabilidade.
- Robustez e segurança do *Spring Boot*.
- Flexibilidade e capacidade de personalização do *Angular*.
- Ecossistema e comunidade amplamente consolidados.

Pontos fracos:

- Requer domínio avançado de duas tecnologias distintas.
- Gestão de *deploys* mais complexa pela separação entre camadas.

3.4.4 Comparação entre Vaadin, JHipster e Spring Boot + Angular

A Tabela 3.1 apresenta uma comparação direta entre as três abordagens, considerando critérios como paradigma de interface, produtividade inicial, escalabilidade, liberdade de personalização, suporte a *DevOps*, curva de aprendizagem e casos de uso ideais.

- Segundo a documentação do *Vaadin*, a abordagem centrada em *Java* simplifica o desenvolvimento, mas pode limitar a flexibilidade e o desempenho em grande escala [Vaa25].
- O projeto *JHipster* favorece a prototipagem e a adoção rápida de arquiteturas modernas, ainda que à custa de maior complexidade e curva de aprendizagem [JHi25].
- A combinação *Spring Boot + Angular* mantém um equilíbrio favorável entre robustez, escalabilidade e liberdade de desenvolvimento [Spr24; Ang25].

3.4.5 Fundamentação da Escolha

A escolha da *stack* tecnológica foi guiada pela necessidade de um desenvolvimento ágil, seguro e escalável. À luz da documentação oficial e das práticas consolidadas, a opção por *Spring Boot + Angular* justifica-se pela combinação de robustez no *backend* e flexibilidade no *frontend*, aliadas a um ecossistema maduro e bem documentado [Spr24; Ang25]. Adicionalmente, a experiência prévia nestas tecnologias contribuiu para ganhos de produtividade e redução do risco técnico.

Desta forma, a *stack* final selecionada apresenta um equilíbrio consistente entre flexibilidade, robustez e sustentabilidade a longo prazo, em detrimento de abordagens mais limitadas (como o *Vaadin*) ou excessivamente complexas (como o *JHipster*) [Vaa25; JHi25].

Tabela 3.1: Comparação entre Vaadin, JHipster e Spring Boot + Angular

Critério	Vaadin (Flow/Hilla)	JHipster	Spring Boot + Angular
Paradigma de UI	Flow: UI <i>server-driven</i> 100% <i>Java</i> ; Hilla: <i>React</i> + cliente <i>TypeScript</i>	Gerador <i>full-stack</i> (<i>Boot</i> + <i>Angular/React/Vue</i>) com escolhas guiadas	<i>Frontend</i> e <i>backend</i> desacoplados (<i>SPA</i> ↔ <i>REST</i>)
Produtividade inicial	Muito alta (componentes prontos, integração <i>Boot</i>)	Muito alta (projeto completo em minutos)	Alta (<i>Initializr</i> + <i>Angular CLI</i>), mas com mais decisões
Escalabilidade	Requer planeamento de sessão/estado (Flow); Hilla é <i>SPA</i>	Suporta <i>monolith</i> e <i>microservices</i> (<i>gateway</i> , <i>discovery</i> , <i>config</i>)	Natural para <i>APIs stateless</i> + <i>SPA</i> e <i>scaling</i> horizontal
Liberdade de UI	Flow: menor liberdade (UI <i>Java</i>); Hilla: <i>React</i>	Depende do gerado, mas extensível (<i>blueprints/JDL</i>)	Máxima liberdade no <i>SPA</i> (ecossistema <i>Angular</i> amplo)
DevOps	<i>Boot</i> nativo; empacotamento simples	Gera <i>Docker/K8s</i> prontos	<i>Pipelines</i> separados; flexível em <i>cloud</i>
Curva de aprendizagem	Suave p/ <i>Java</i> no Flow; Hilla exige <i>React</i>	Média/alta (ferramentas e convenções)	Média (dois mundos)
Casos ideais	<i>CRUDs</i> ricos em <i>desktop</i> , equipas 100% <i>Java</i> , UI empresarial	Prototipagem rápida de portais corporativos e <i>microservices</i>	Plataformas <i>SPA</i> ricas, escaláveis, com forte personalização de <i>UX</i>

3.5 Especificação e desenho

A especificação de software corresponde ao processo de definição clara e formal dos requisitos que o sistema deve satisfazer. Esta fase concentra-se no quê o software deve fazer, documentando requisitos funcionais, como as funcionalidades a serem disponibilizadas, e não funcionais, como desempenho, segurança, usabilidade e restrições técnicas. O resultado esperado é a elaboração de um documento de requisitos (SRS – *Software Requirements Specification*), que atua como contrato entre as partes interessadas e a equipa de desenvolvimento [Dua25].

O desenho de software refere-se à tradução desses requisitos numa solução técnica. Nesta etapa, a principal preocupação é como o sistema irá satisfazer os requisitos definidos. O desenho pode ser dividido em duas fases: (i) o desenho arquitetural, que apresenta uma visão de alto nível do sistema, identificando módulos, camadas e relações entre componentes, e (ii) o desenho detalhado, que define classes, algoritmos, estruturas de dados e interfaces. Este processo pretende garantir que a implementação seja consistente, escalável e de fácil manutenção [TJR⁺22].

Em síntese, a especificação define *o que* o sistema deve fazer, enquanto o desenho estabelece *como* esse sistema será construído para cumprir a especificação.

3.5.1 Perfis de utilizador

A definição de perfis de utilizador é fundamental para garantir uma utilização adequada e segura da plataforma, permitindo a diferenciação de responsabilidades e acessos consoante o papel desempenhado no sistema. Esta abordagem assegura não só a personalização da experiência de utilização, como também a integridade e a confidencialidade dos dados. No âmbito do presente projeto foram definidos três perfis principais de utilizador: administrador, fisioterapeuta e utente, cada um com permissões e funcionalidades

específicas que refletem as suas necessidades e objetivos dentro da aplicação.

- **Administrador:** gestão dos utilizadores.
- **Fisioterapeuta:** cria e acompanha planos, comunica com os seus utentes, publica conteúdos educativos e gera PINs para autorização das gravações.
- **Utente:** executa planos, consulta progresso, acede a conteúdos e comunica com o seu fisioterapeuta, grava vídeos com o seu dispositivo mediante aprovação do fisioterapeuta.

3.5.2 Funcionalidades planeadas

As funcionalidades planeadas correspondem a recursos ou serviços ainda não implementados, mas cuja definição é necessária para orientar o desenvolvimento futuro do sistema e garantir que este evolui de forma alinhada com as necessidades identificadas e os objetivos do projeto.

Autenticação e Autorização

- Acesso seguro e atribuição de permissões por perfil.
- Guards e interceptor nas rotas protegidas.

Gestão de utilizadores

- Criar, visualizar, editar, ativar e desativar contas.
- Associação entre fisioterapeutas e utentes.
- Atribuição do perfil

Planos e execução de exercícios

- Criação e edição de planos personalizados para utente.
- Registo de execuções e recolha de métricas.
- Relatórios de evolução.

Comunicação e notificações

- Mensagens entre fisioterapeuta e os seus utentes.
- Notificações sobre eventos relevantes entre todos os utilizadores do sistema, mas necessário selecionar o destinatário.

Conteúdos educativos e informativos

- Área para o fisioterapeuta criar/editar/eliminar conteúdos sobre AVC e reabilitação.
- Consultada pelos utilizadores por estar disponível na página inicial.

Gravações com PIN de autorização

- Criação de **PIN** pelo fisioterapeuta para autorizar acesso a gravações usando a plataforma digital.
- Introdução e validação do PIN pelo utente; apenas após validação é permitida a gravação e a sua associação ao plano posteriormente.

3.6 Arquitetura

A arquitetura pode ser entendida como a estrutura fundamental de um sistema de software, composta pelos seus elementos, pelas relações entre eles e pelos princípios que orientam o seu design e evolução. Segundo a literatura especializada, a arquitetura define tanto a organização estática (módulos, componentes, camadas) quanto a dinâmica (interações, fluxos de dados, protocolos de comunicação), servindo como um mapa de alto nível do sistema. Em termos práticos, funciona como uma ponte entre os requisitos funcionais e não funcionais (segurança, desempenho, escalabilidade, usabilidade, etc.) e a implementação técnica que os satisfaz [TJR⁺22; Dua25].

3.6.1 Princípios Arquiteturais

A arquitetura seguirá princípios de **separação de responsabilidades**, **baixo acoplamento** e **alta coesão**, adotando o estilo *cliente-servidor* e uma **organização em camadas**. Pretende-se facilitar manutenção, testes, evolução e integrações externas. A Figura 3.1 apresenta a arquitetura do sistema.

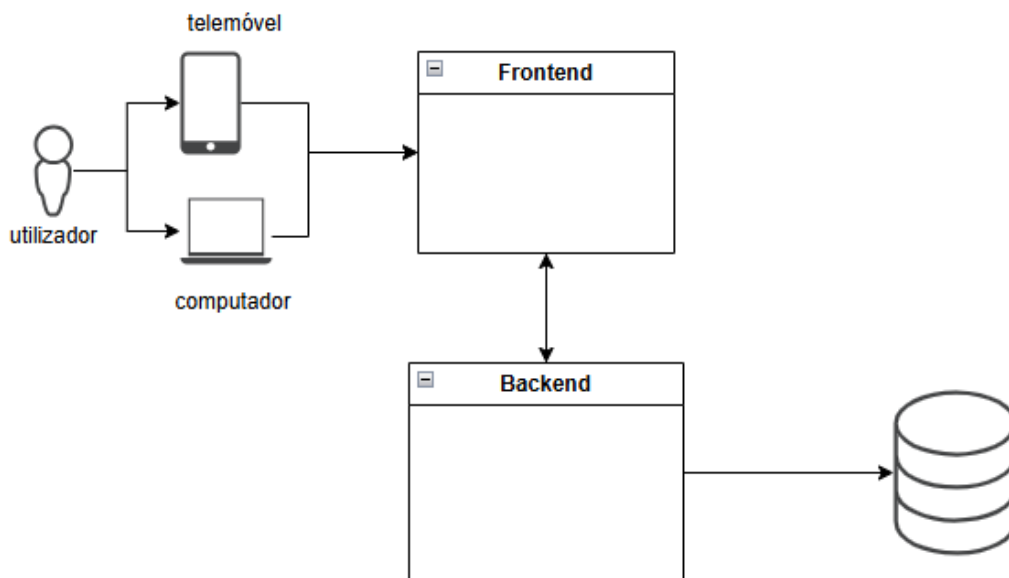


Figura 3.1: Arquitetura do Sistema

3.6.2 Camadas Lógicas

- **Camada de Apresentação:** interface web/móvel, responsável por interação com o utilizador, validações básicas e encaminhamento de pedidos. Inclui mecanismos de proteção de rotas e gestão de sessão no cliente.

- **Camada de Aplicação (Serviços):** expõe contratos estáveis, implementa regras de negócio (utilizadores, planos, execuções, mensagens, conteúdos, validação de *pin*) e orquestra fluxos. Gere autenticação e autorização.
- **Camada de Comunicação:** disponibiliza um canal assíncrono para troca de mensagens e alertas em tempo quase real, desacoplando produção e consumo de eventos.
- **Camada de Dados:** persistência relacional para entidades nucleares (utilizadores, perfis, planos, exercícios, execuções, métricas, mensagens, notificações, *pins*).
- **Segurança Transversal:** políticas de controlo de acesso por perfil e proteção de dados em trânsito.

3.6.3 Comunicação e integração entre as camadas do sistema

O sistema *FisioStroke* será concebido segundo uma arquitetura em camadas, composta pela **camada de apresentação (interface gráfica)**, **camada de aplicação (serviços)**, **camada de dados**, bem como por **camadas transversais** e uma **camada de comunicação**. Esta organização arquitetural permitirá uma separação clara de responsabilidades, promovendo escalabilidade, manutenibilidade e robustez estrutural. A adoção de arquiteturas em camadas será particularmente adequada ao desenvolvimento de sistemas complexos e, em especial, a plataformas de saúde e telereabilitação, nas quais a segurança e a evolução do sistema assumem um papel central [Tu23; Ma124].

A camada de apresentação será responsável pela interação direta com o utilizador, assegurando a disponibilização de interfaces gráficas responsivas, acessíveis e orientadas à experiência de utilização. Esta camada comunicará exclusivamente com a camada de aplicação através de interfaces bem definidas, evitando dependências diretas com a lógica de negócio ou com os mecanismos de persistência de dados. A comunicação entre estas camadas será realizada maioritariamente através de serviços RESTful, recorrendo ao protocolo Protocolo de Transferência de Hipertexto (HTTP) e à sua versão segura, Protocolo de Transferência de Hipertexto Seguro (HTTPS), que constituem os principais mecanismos de comunicação na Web moderna [Moz25; WHA25].

O protocolo HTTP permitirá a troca de mensagens entre cliente e servidor de forma síncrona, baseada no modelo pedido–resposta, enquanto o HTTPS acrescentará uma camada de segurança através de encriptação TLS, garantindo confidencialidade, integridade e autenticidade dos dados transmitidos. A utilização de HTTPS será particularmente relevante no contexto do *FisioStroke*, atendendo à natureza sensível da informação clínica envolvida e aos requisitos de proteção de dados em sistemas de saúde digitais [MA21; AvO20]. As mensagens trocadas entre as camadas serão estruturadas em formato JSON, permitindo um modelo de comunicação *stateless*, adequado a ambientes distribuídos e multiplataforma [Ang24].

A camada de aplicação (serviços) concentrará a lógica de negócio do sistema, sendo responsável pelo processamento das requisições provenientes da camada de apresentação, pela aplicação das regras funcionais e clínicas e pela orquestração do acesso à informação persistida. Esta camada expõe um conjunto de serviços bem definidos, promovendo o desacoplamento relativamente à interface gráfica e à base de dados. Esta abordagem permitirá facilitar a reutilização de serviços, a realização de testes automatizados e a evolução futura do sistema, aspetos particularmente relevantes em plataformas clínicas sujeitas a requisitos de adaptação contínua [Spr24].

A camada de dados assegurará a persistência da informação clínica e operacional, recorrendo a um sistema de gestão de base de dados relacional. O acesso aos dados será mediado por mecanismos de mapeamento objeto–relacional, permitindo representar entidades do domínio clínico de forma consistente e declarativa. Esta camada será acedida exclusivamente pela camada de aplicação, reforçando o encapsulamento e a

integridade do modelo de dados. A gestão transacional permitirá garantir o cumprimento das propriedades ACID, assegurando consistência e fiabilidade da informação, mesmo em cenários de falha parcial, um requisito essencial em sistemas de acompanhamento clínico remoto [KI23; RKB⁺23].

As camadas transversais suportarão funcionalidades comuns a todo o sistema, nomeadamente segurança, autenticação, autorização, registo de eventos e tratamento de exceções. A autenticação será baseada em JSON Web Token (JWT), permitindo um modelo *stateless* adequado a arquiteturas distribuídas. A implementação destas preocupações de forma transversal permitirá evitar duplicação de código e promover coerência global do sistema, sendo particularmente relevante no contexto de aplicações de saúde que lidam com dados sensíveis [AC22; RKB⁺23].

A camada de comunicação será responsável por suportar, para além da comunicação síncrona baseada em HTTP/HTTPS, mecanismos de comunicação assíncrona ou em tempo real, tais como *WebSockets* e *Server-Sent Events*. Estes mecanismos permitirão suportar notificações, monitorização e interação contínua entre os diferentes componentes do sistema, reduzindo latência e melhorando a perceção de proximidade no acompanhamento remoto do doente. Estudos recentes indicam que a adoção de mecanismos de comunicação em tempo real contribuirá para um maior envolvimento do utilizador e para um suporte mais eficaz a cenários de telereabilitação [SP22; ON24].

Em conjunto, esta organização arquitetural em camadas permitirá ao *FisioStroke* responder de forma estruturada aos desafios técnicos e funcionais inerentes aos sistemas de reabilitação digital, assegurando clareza conceptual, rigor técnico e alinhamento com as boas práticas de engenharia de software aplicada à saúde.

3.6.4 Interações Essenciais

- A camada de apresentação consome os contratos expostos pela camada de aplicação para realizar operações de utilização (autenticação, gestão de planos, consulta de métricas, envio/receção de mensagens).
- A camada de aplicação realiza operações de leitura e escrita na camada de dados e publica/consume eventos na camada de comunicação para suportar chat e notificações.
- Conteúdos informativos são armazenados como páginas html que depois serão renderizadas pelo frontend.

3.6.5 Componentes de Alto Nível

- **Gestão de Acesso:** autenticação por credenciais, autorização por perfil e gestão de sessão.
- **Utilizadores e Perfis:** ciclo de vida, ativação/desativação e associação fisioterapeuta a um utente.
- **Planos & Exercícios:** planificação das tarefas a serem realizadas pelo utente.
- **Execuções & Métricas:** recolha de dados de execução bem como criação do histórico das execuções com algumas parâmetros inferidos, como por exemplo o tempo de execução do plano na totalidade.
- **Mensagens & Notificações:** conversas dirigidas e alertas diversificados.
- **Conteúdos Educativos:** gestão completa do conteúdo informativo pelos fisioterapeutas.
- **Validação por PIN:** emissão, verificação e expiração; autorização gravações.

3.6.6 Modelo de Dados (alto nível)

- **User**(id, nome, email, perfil, estado)
- **Plan**(id, userId, authorId, título, estado, dataInicio, dataFim)
- **Exercise**(id, planId, nome, instruções, ordem)
- **Execution**(id, planId, userId, data, estado)
- **Metrics**(id, executionId, tipo, valor, tempo)
- **Message**(id, remetentId, destinatariId, data, conteúdo, lida)
- **Notification**(id, userId, tipo, data, estado)
- **Pin**(id, utentId, emissorId, finalidade, estado, expiracao)
- **Media**(id, userId, planId, tipo, localizacao, data)

3.6.7 Segurança e Conformidade

- Autenticação baseada em credenciais e emissão de *tokens* para acesso a plataforma e outras funcionalidades existentes.
- Autorização por perfil e restrição de acesso a dados por relação fisioterapeuta a utente.
- Encriptação em trânsito.

3.6.8 Ambientes e Entrega

A solução foi concebida de forma a simplificar o processo de disponibilização e execução da aplicação, sendo distribuída através de um *JAR* único, que agrega tanto o *backend* como o *frontend*. Esta opção permite reduzir a complexidade associada à gestão de múltiplos artefactos e facilita a configuração dos ambientes de execução. Para além disso, o *JAR* é acompanhado por um ficheiro de configuração de arranque que asseguram a correta parametrização da aplicação, ajustando automaticamente variáveis de ambiente, conexões à base de dados e perfis de execução desenvolvimento ou produção. Esta abordagem promove maior consistência entre os ambientes, minimiza erros de configuração e garante um processo de *deployment* mais ágil, robusto e reproduzível, alinhado com as boas práticas de engenharia de software orientadas para escalabilidade e manutenção

Ficheiros de configuração

- **desenvolvimento**: ferramentas de apoio ao desenvolvimento, logs detalhados e recarregamento rápido.
- **produção**: configuração otimizada para execução estável, com registo de logs essenciais, cache e desativação de funcionalidades auxiliares ao desenvolvimento.

3.6.9 Diagrama da Base de Dados

A base de dados da plataforma digital foi concebida para refletir de forma estruturada os principais elementos funcionais do sistema, assegurando a persistência consistente de dados relativos a utilizadores, planos de exercícios, métricas de execução, conteúdos e comunicação. O modelo segue uma abordagem relacional e foi desenhado com vista à integridade referencial e à escalabilidade futura.

Entidades Principais

- **USERS**: armazena informação sobre os utilizadores do sistema, incluindo perfis diferenciados (Administrador, Fisioterapeuta e Utente). Contém ainda associações automáticas para associar utentes ao fisioterapeuta responsável, bem como o estado do utilizador (ativo/inativo).
- **PLAN**: representa planos de exercícios criados pelos fisioterapeutas e atribuídos a utentes específicos. Inclui informação descritiva, datas de criação e validade, e estado (ativo/inativo).
- **PLAN_EXERCISES**: descreve os exercícios associados a cada plano, incluindo a respetiva descrição e referência a vídeos.
- **PLAN_EXECUTION_METRICS**: regista execuções de planos por utentes, armazenando métricas detalhadas como tempos, número de passos e estado de conclusão.
- **PLAN_EXECUTION_STEP_TIMINGS**: armazena informação granular sobre os tempos despendidos em cada passo da execução de um plano.
- **CHAT_MESSAGES**: contém as mensagens trocadas entre utilizadores, relacionando remetente e destinatário, e incluindo o estado da mensagem (lida/não lida).
- **NEWS**: permite a publicação de conteúdos informativos no sistema, criados pelos fisioterapeutas.
- **NOTIFICATIONS**: sistema de notificações entre utilizadores, indicando título, mensagem, data e estado de leitura.
- **PINS**: códigos temporários gerados para autorização das gravações de vídeos. Inclui data de expiração e estado de utilização.
- **VIDEOS**: entidade para registo dos metadados dos vídeos, contendo metadados do ficheiro (nome, duração, tamanho, localização) e associação ao utilizador.

Principais associações

- **USERS** relaciona-se consigo próprio para representar a associação fisioterapeutas e os utentes.
- **USERS** cria e executa **PLAN**, que por sua vez contém múltiplos **PLAN_EXERCISES**.
- As execuções (**PLAN_EXECUTION_METRICS**) relacionam-se com **PLAN** e registam tempos detalhados em **PLAN_EXECUTION_STEP_TIMINGS**.
- **CHAT_MESSAGES** estabelece comunicação entre utilizadores (remetente e destinatário).
- **NOTIFICATIONS** permite envio de alertas entre utilizadores.

- **PINS** associam-se a utilizadores para autorizar operações específicas.
- **VIDEOS** são associados a utilizadores e a planos de reabilitação.

Diagrama Entidade-Associação

A Figura 3.2 apresenta o diagrama ER da aplicação, sintetizando as entidades e suas respetivas relações.

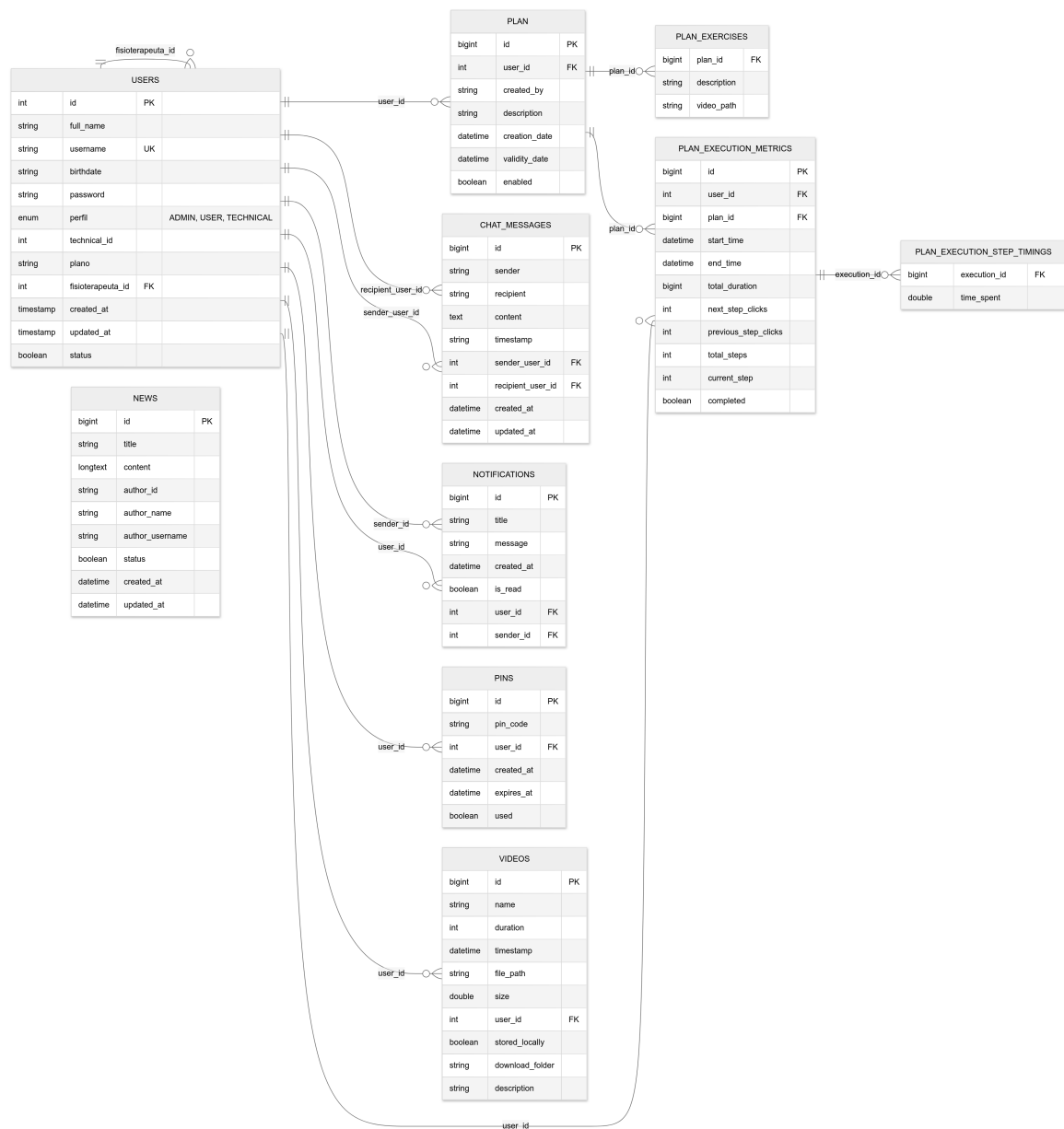


Figura 3.2: Diagrama Entidade-Relacionamento da Base de Dados

3.7 Implementação

Esta secção descreve o processo de concretização técnica da plataforma digital, desde a definição da metodologia de desenvolvimento até à implantação. Apresentamos as decisões tecnológicas adotadas, as fases de implementação, as estratégias de segurança, bem como os mecanismos de testes e validação. O objetivo foi garantir que a solução desenvolvida fosse robusta, escalável, segura e adequada.

3.7.1 Primeira Fase: Backend e Funcionalidades Nucleares

O primeiro ciclo de desenvolvimento concentrou-se na construção da camada de backend, que constitui o núcleo funcional da solução. Nesta etapa foram implementados os principais serviços de suporte à aplicação, nomeadamente:

- gestão de utilizadores (incluindo registo, login e logout);
- administração de notificações internas;
- disponibilização de conteúdos informativos;
- armazenamento de metadados referentes a vídeos de reabilitação.

Em paralelo, iniciou-se o desenvolvimento de uma versão preliminar do frontend, concebida para permitir a validação das funcionalidades já presentes no backend. Nesta fase, garantiu-se a implementação de operações completas de CRUD em ambos os lados, de modo a validar todo o ciclo funcional das entidades.

3.7.2 Segunda Fase: Segurança, Perfis e Comunicação em Tempo Real

Na segunda fase a plataforma evoluiu para a incorporação de mecanismos de segurança e de comunicação. No backend foi introduzido um sistema de autenticação baseado em *tokens* e a definição de perfis de acesso diferenciados (Administrador, Fisioterapeuta e Utente), assegurando que cada utilizador apenas acede às áreas que lhe são permitidas.

No frontend foram adicionados mecanismos de proteção de rotas (*guards*) e interceptors responsáveis por injetar credenciais em cada pedido dirigido ao servidor. Foi também desenvolvido um módulo de chat em tempo real entre fisioterapeuta e utente, bem como um sistema de tratamento centralizado de exceções no backend, refletido em respostas adaptadas no frontend. Assim, a plataforma passou a apresentar conteúdos e funcionalidades ajustados dinamicamente ao perfil de cada utilizador.

3.7.3 Terceira Fase: Integração, Empacotamento e Base de Dados

A terceira fase correspondeu ao primeiro lançamento de uma versão integrada da solução. A aplicação passou a ser disponibilizada através de um artefacto único, sob a forma de um *JAR*, que congrega simultaneamente o backend e o frontend. A aplicação cliente foi compilada e integrada no servidor como recursos estáticos, sendo distribuída de forma transparente.

Nesta fase foi ainda construída a base de dados relacional, suportada por um modelo coerente com as entidades do domínio, complementada por um *script SQL* com dados fictícios para testes. Para o ambiente de desenvolvimento recorreu-se a um contêiner Docker com imagem MySQL, assegurando maior consistência

e portabilidade. O uso de um mecanismo ORM permitiu a geração automática das tabelas a partir das entidades de domínio, simplificando a sincronização entre código e dados.

3.7.4 Quarta Fase: autorização das gravações com PIN

Na quarta fase foi introduzida a funcionalidade de autorização de gravações através de *PIN*. Este mecanismo consiste na emissão automática de um código único pelo fisioterapeuta, que deve ser posteriormente introduzido pelo utente para validar o início da gravação. Foram criados *endpoints* dedicados, assegurando maior segurança e rastreabilidade deste processo.

Foram também realizados testes sistemáticos com recurso ao Postman para validar os *endpoints* da API, incluindo fluxos de autenticação, operações CRUD e *endpoints* de gravação com PIN. No *frontend* estão previstos um conjunto de testes para aferir o correto funcionamento das regras de acesso baseadas nos perfis e na diferenciação de conteúdos exibidos a cada utilizador.

3.7.5 Ferramentas de Apoio ao Desenvolvimento e Testes

Durante todas as fases de implementação foram utilizadas ferramentas de apoio que contribuíram para a eficiência e fiabilidade do processo:

- **Hibernate:** geração automática da estrutura da base de dados a partir do modelo de entidades.
- **Contêiner Docker:** execução de uma instância MySQL local em desenvolvimento, garantindo consistência entre ambientes.
- **Postman:** validação manual de *endpoints* e verificação de fluxos completos da aplicação.

3.8 Resultado do desenho implementado

Este bloco apresenta um conjunto de capturas de ecrã da aplicação, demonstrando visualmente as principais funcionalidades implementadas. As imagens estão organizadas por plataforma: versão *web* e versão móvel, permitindo observar as interfaces e os fluxos de utilização em ambos os contextos.

3.8.1 Interface Web

A versão *web* da aplicação oferece uma interface completa e robusta, acessível através do navegador de preferência do utilizador.

Autenticação

O processo de autenticação na aplicação web inicia-se com a apresentação de uma página de login, conforme ilustrado na Figura 3.3. Esta interface permite aos utilizadores inserirem os seus dados de autenticação (username e palavra-passe) para acederem à plataforma.

O sistema implementa validação em tempo real dos campos de entrada. Quando os campos não se encontram devidamente preenchidos, são exibidas mensagens de erro específicas e o botão de acesso

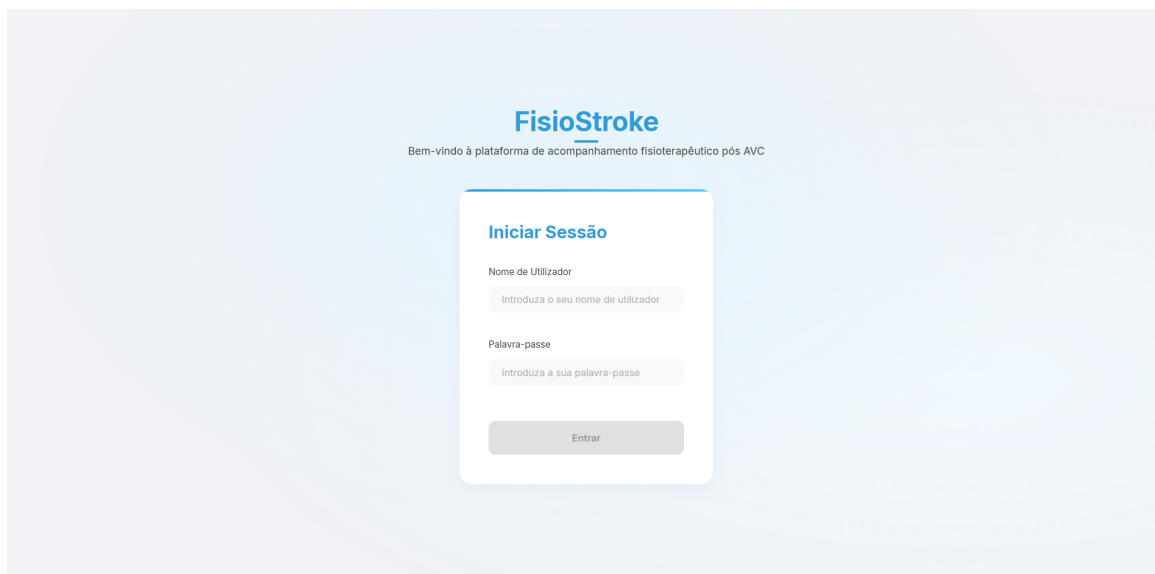


Figura 3.3: Página de login da aplicação web

permanece bloqueado, como se observa na Figura 3.4. Esta abordagem melhora a experiência do utilizador ao fornecer *feedback* imediato sobre a correção dos dados inseridos.

Páginas Iniciais por Perfil

Após a autenticação bem-sucedida, os utilizadores são direcionados para uma página inicial específica consoante o seu perfil. A Figura 3.5 apresenta a página inicial destinada a administradores, mostrando as suas opções de navegação.

Para fisioterapeutas, a página inicial apresenta um *dashboard* adaptado às suas necessidades específicas, incluindo acesso rápido aos planos de exercícios, utentes associados e outras funcionalidades relevantes, como demonstrado na Figura 3.6.

Área Pessoal

A área pessoal permite que os utilizadores visualizem e gerem as suas informações de perfil. A Figura 3.7 mostra a interface da área pessoal para administradores, apresentando informações relevantes do utilizador.

Gestão de Utilizadores

Os administradores têm acesso a uma interface completa de gestão de utilizadores, onde podem visualizar, criar, editar, apagar e inativar contas de utilizadores registados na aplicação. A Figura 3.8 apresenta a lista de utilizadores com as respetivas ações disponíveis.

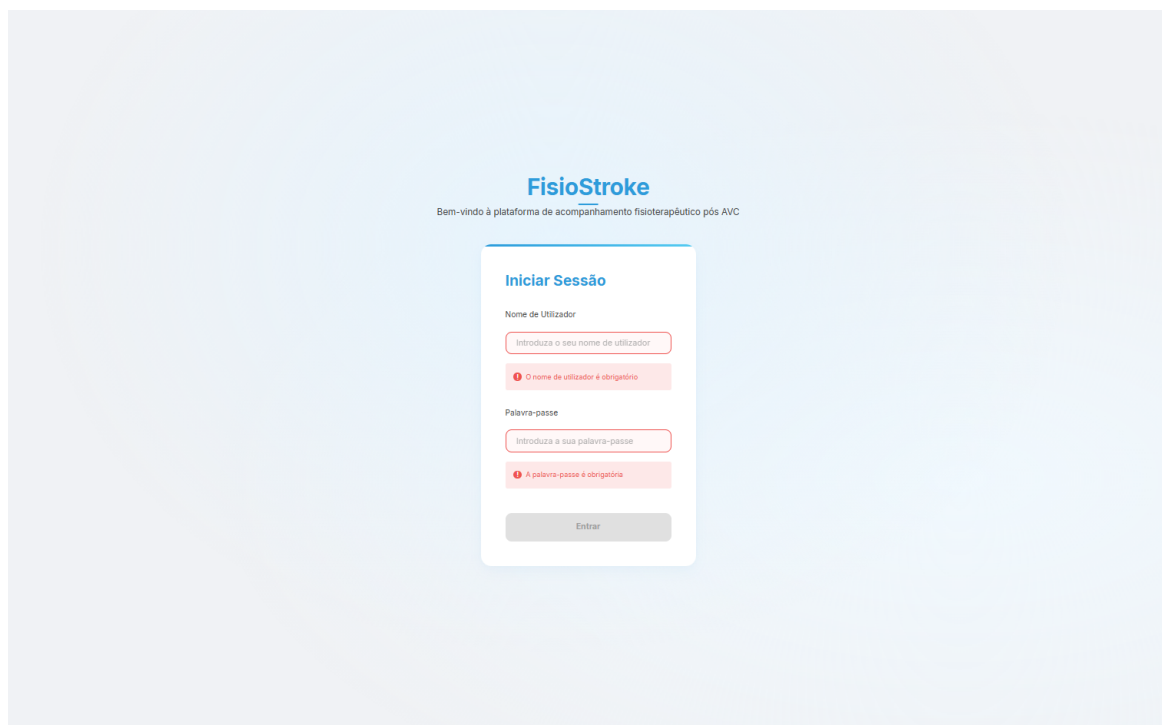


Figura 3.4: Mensagens de erro de validação no formulário de login

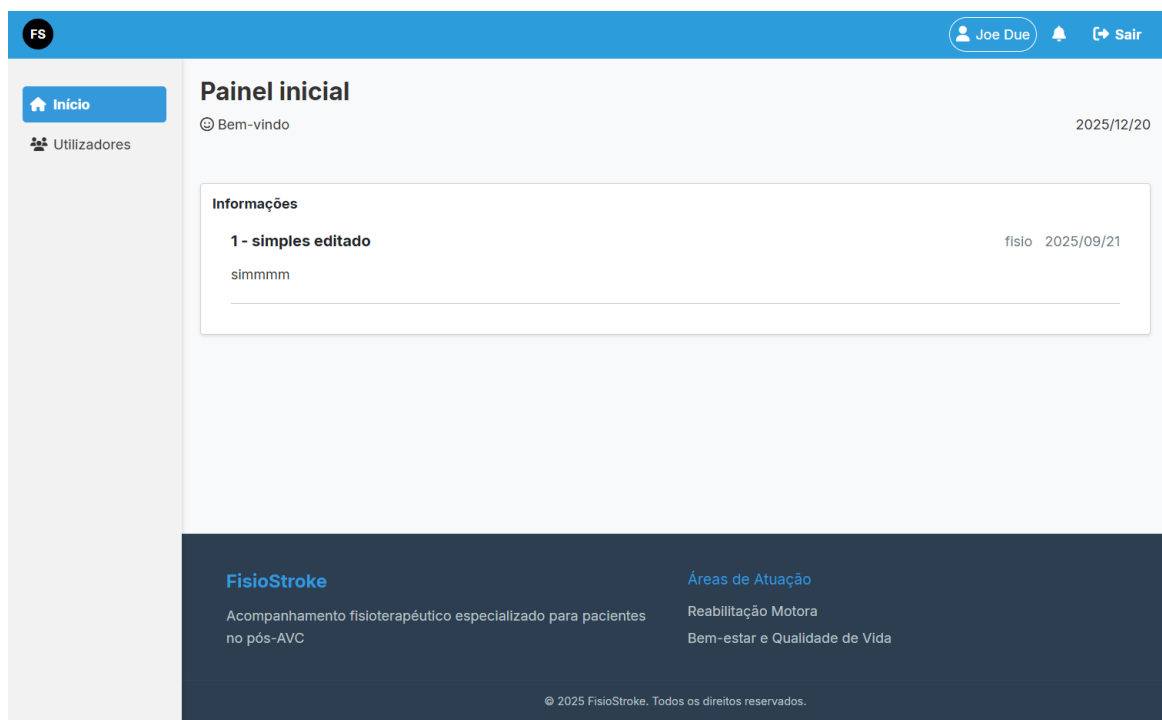


Figura 3.5: Página inicial do perfil de administrador

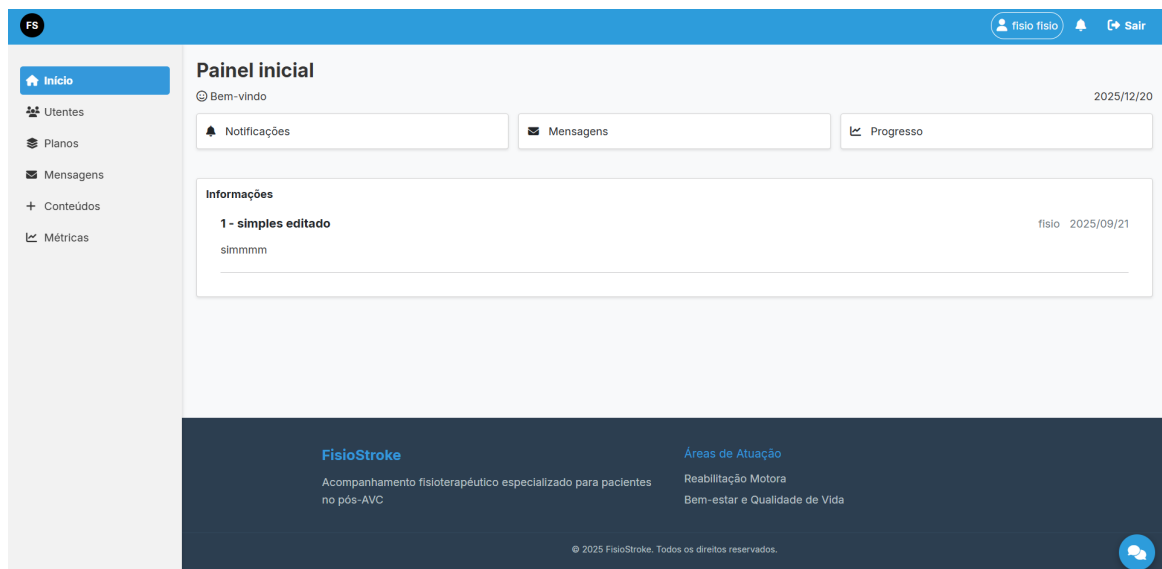


Figura 3.6: Página inicial do perfil de fisioterapeuta

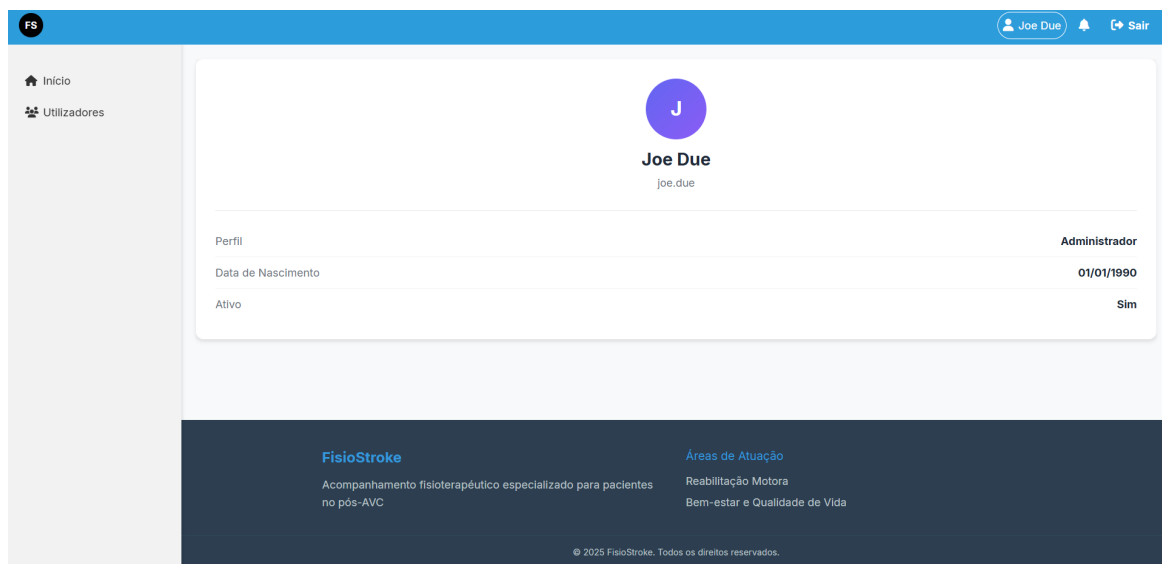


Figura 3.7: Área pessoal de um administrador

Nome Completo	Username	Perfil	Data de Nascimento	Plano de Reabilitação	Fisioterapeuta	Estado	Ações
User Random 80	user_random_80	Utente	1973-10-04			Ativo	
User Random 79	user_random_79	Utente				Ativo	
User Random 78	user_random_78	Utente				Ativo	
User Random 77	user_random_77	Utente				Ativo	
User Random 76	user_random_76	Utente				Ativo	
User Random 75	user_random_75	Utente				Ativo	
User Random 73	user_random_73	Utente				Ativo	
User Random 72	user_random_72	Utente				Ativo	
User Random 71	user_random_71	Utente				Ativo	

Figura 3.8: Lista de utilizadores do perfil de administrador

Gestão de Utentes

Os fisioterapeutas podem visualizar e gerir os utentes que estão associados à sua conta. A Figura 3.9 mostra a página de utentes, permitindo ao fisioterapeuta consultar os seus utentes associados.

Nome Completo	Username	Perfil	Data de Nascimento	Plano de Reabilitação	Status	Ações
simples	simples	USER	2006-08-31	Sem Plano	Ativo	
outro	outro	USER	2025-07-16	Sem Plano	Ativo	
utente demo	utente	USER	2025-06-04	Sem Plano	Ativo	

Figura 3.9: Página de utentes associados ao fisioterapeuta

Gestão de Planos de Exercícios

A criação de planos de exercícios é uma funcionalidade central da aplicação. Quando um fisioterapeuta está autenticado, pode criar planos de exercícios para os seus utentes associados. Estes planos ficam disponíveis para o utente visualizar após serem submetidos. A Figura 3.10 apresenta a interface de criação de um plano de exercícios, que consiste na criação de um conjunto de exercícios onde o utente visualizará um

vídeo de um determinado exercício e tentará reproduzi-lo.

A interface 'Criar Novo Plano' apresenta um formulário com o título 'Criar Novo Plano'. No topo, há um campo rotulado 'Utente*' com uma lista suspensa contendo as opções 'selecione um utente', 'simples', 'outro' e 'utente demo', esta última destacada em azul. Abaixo, há uma seção rotulada 'Exercícios' com um link azul 'Adicionar Exercício'. No canto inferior direito, há dois botões: 'Cancelar' (cinza) e 'Criar' (cinza).

Figura 3.10: Interface de criação de plano de exercícios

A Figura 3.11 mostra a página de criação de exercícios para os utentes, permitindo ao fisioterapeuta definir os exercícios que compõem o plano.

A interface 'Criar Novo Plano' mostra mais detalhes. O campo 'Utente*' agora contém 'utente demo'. Abaixo, há um campo rotulado 'Descrição*' com o texto 'testes' e um ícone de confirmação azul. A seção 'Exercícios' contém um formulário para 'Exercicio 1' com um ícone de apagar vermelho. Este formulário tem campos para 'Descrição*' (contendo 'teste') e 'Caminho do Vídeo*' (contendo 'FS_utente__2 - gravabndooooo.....'). No canto inferior direito, há dois botões: 'Cancelar' (cinza) e 'Criar' (azul).

Figura 3.11: Página de criação de exercícios para os utentes

A página completa da lista de planos numa visão do fisioterapeuta está representada na Figura 3.12, onde se podem observar filtros e os dados da lista comum, facilitando a gestão e consulta dos planos criados.

A Figura 3.13 apresenta a página de planos de um fisioterapeuta com as ações possíveis: visualizar, editar e apagar.

Execução de Planos

A página de lista de planos comum ao fisioterapeuta e utente para execução está representada na Figura 3.14, permitindo aos utilizadores iniciarem a execução dos planos atribuídos.

Durante a execução de um exercício por parte de um utente, é visível um conjunto de informações úteis e o botão de finalizar, bem como um indicador de progresso, como demonstrado na Figura 3.15.

Planos

Gestão de planos

Filtros

Utente

Data de Criação Início

yyyy-mm-dd

Data de Criação Fim

yyyy-mm-dd

Data de Validade Início

yyyy-mm-dd

Data de Validade Fim

yyyy-mm-dd

Limpar Filtros

Pesquisar

Nº Items 2





Utente	Descrição	Data de Criação	Data de Validade	Estado	Ações
utente demo	teste	2025/09/18 21:22	2025/10/18 21:22	Ativo	 
utente demo	teste	2025/07/03 23:15	2025/08/02 23:15	Ativo	 

Figura 3.12: Lista de planos com filtros na visão do fisioterapeuta

FS

Inicio

Utentes

Planos

Mensagens

+ Conteúdos

Métricas







Planos

Gestão de planos

Novo Plano

Filtros

Nº Items 2

Utente	Descrição	Data de Criação	Data de Validade	Estado	Ações
utente demo	teste	2025/09/18 21:22	2025/10/18 21:22	Ativo	  
utente demo	teste	2025/07/03 23:15	2025/08/02 23:15	Ativo	  

FisioStroke

Acompanhamento fisioterapêutico especializado para pacientes no pós-AVC

Áreas de Atuação

Reabilitação Motora
Bem-estar e Qualidade de Vida

© 2025 FisioStroke. Todos os direitos reservados.

Figura 3.13: Página de planos do fisioterapeuta com ações de gestão

Planos

Gestão de planos

Filtros

Nº Items 2





Utente	Descrição	Data de Criação	Data de Validade	Estado	Ações
utente demo	teste	2025/09/18 21:22	2025/10/18 21:22	Ativo	 
utente demo	teste	2025/07/03 23:15	2025/08/02 23:15	Ativo	 

Figura 3.14: Página de lista de planos para execução

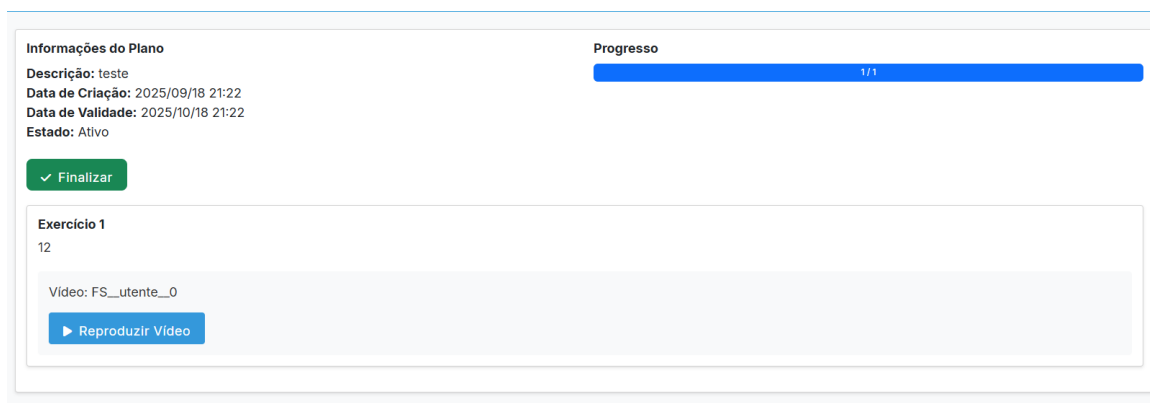


Figura 3.15: Exercício em execução com informações e indicador de progresso

Quando o utente completa a execução de um plano de exercícios, recebe uma mensagem de parabéns e visualiza as métricas recolhidas no âmbito do plano executado, conforme ilustrado na Figura 3.16.

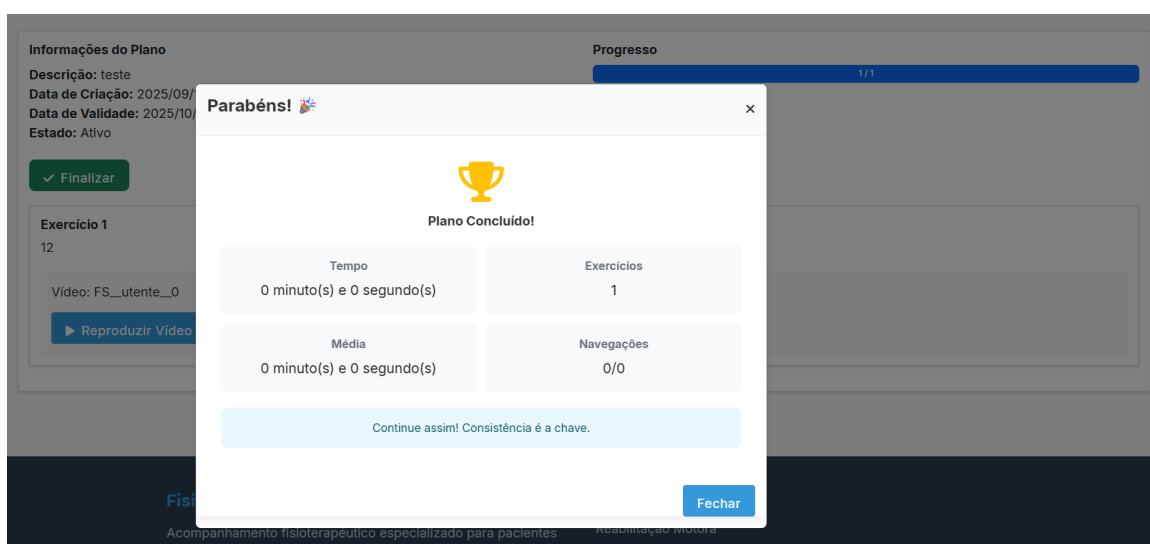


Figura 3.16: Mensagem de conclusão e métricas do plano executado

A página de detalhe de um plano que foi executado, comum ao fisioterapeuta e administrador, permite uma análise detalhada dos resultados, como se observa na Figura 3.17.

Conteúdos Educativos

Os fisioterapeutas têm acesso a uma página específica para criar notícias e conteúdos educativos. Esta funcionalidade permite definir um título para a publicação e utilizar um editor de texto rico para gerar conteúdo HTML que é depois renderizado na página inicial. Na parte inferior da interface, já é possível visualizar como será o resultado final, como demonstrado na Figura 3.18.

Detalhes da Execução

Voltar

Informações Gerais

Utente: utente demo

Plano: teste

Data de Início: 2025/07/08 12:25

Data de Fim: 2025/07/08 12:26

Duração Total: 1m 17s

Status: Concluído

Navegação

Total de Passos: 1

Passo Atual: 1

Cliques em Próximo: 0

Cliques em Anterior: 0

Tempo por Passo

Passo	Tempo (segundos)
-------	------------------

Figura 3.17: Página de detalhe de execução de um plano

Nova Notícia

Criar uma nova notícia no sistema

Título

Demo

Conteúdo

B I U G H1 H2 H3 H4 H5 H6 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20 X21 X22 X23 X24 X25 X26 X27 X28 X29 X30 X31 X32 X33 X34 X35 X36 X37 X38 X39 X40 X41 X42 X43 X44 X45 X46 X47 X48 X49 X50 X51 X52 X53 X54 X55 X56 X57 X58 X59 X60 X61 X62 X63 X64 X65 X66 X67 X68 X69 X70 X71 X72 X73 X74 X75 X76 X77 X78 X79 X80 X81 X82 X83 X84 X85 X86 X87 X88 X89 X90 X91 X92 X93 X94 X95 X96 X97 X98 X99 X100 X101 X102 X103 X104 X105 X106 X107 X108 X109 X110 X111 X112 X113 X114 X115 X116 X117 X118 X119 X120 X121 X122 X123 X124 X125 X126 X127 X128 X129 X130 X131 X132 X133 X134 X135 X136 X137 X138 X139 X140 X141 X142 X143 X144 X145 X146 X147 X148 X149 X150 X151 X152 X153 X154 X155 X156 X157 X158 X159 X160 X161 X162 X163 X164 X165 X166 X167 X168 X169 X170 X171 X172 X173 X174 X175 X176 X177 X178 X179 X180 X181 X182 X183 X184 X185 X186 X187 X188 X189 X190 X191 X192 X193 X194 X195 X196 X197 X198 X199 X200 X201 X202 X203 X204 X205 X206 X207 X208 X209 X210 X211 X212 X213 X214 X215 X216 X217 X218 X219 X220 X221 X222 X223 X224 X225 X226 X227 X228 X229 X230 X231 X232 X233 X234 X235 X236 X237 X238 X239 X240 X241 X242 X243 X244 X245 X246 X247 X248 X249 X250 X251 X252 X253 X254 X255 X256 X257 X258 X259 X260 X261 X262 X263 X264 X265 X266 X267 X268 X269 X270 X271 X272 X273 X274 X275 X276 X277 X278 X279 X280 X281 X282 X283 X284 X285 X286 X287 X288 X289 X290 X291 X292 X293 X294 X295 X296 X297 X298 X299 X300 X301 X302 X303 X304 X305 X306 X307 X308 X309 X310 X311 X312 X313 X314 X315 X316 X317 X318 X319 X320 X321 X322 X323 X324 X325 X326 X327 X328 X329 X330 X331 X332 X333 X334 X335 X336 X337 X338 X339 X340 X341 X342 X343 X344 X345 X346 X347 X348 X349 X350 X351 X352 X353 X354 X355 X356 X357 X358 X359 X360 X361 X362 X363 X364 X365 X366 X367 X368 X369 X370 X371 X372 X373 X374 X375 X376 X377 X378 X379 X380 X381 X382 X383 X384 X385 X386 X387 X388 X389 X390 X391 X392 X393 X394 X395 X396 X397 X398 X399 X400 X401 X402 X403 X404 X405 X406 X407 X408 X409 X410 X411 X412 X413 X414 X415 X416 X417 X418 X419 X420 X421 X422 X423 X424 X425 X426 X427 X428 X429 X430 X431 X432 X433 X434 X435 X436 X437 X438 X439 X440 X441 X442 X443 X444 X445 X446 X447 X448 X449 X450 X451 X452 X453 X454 X455 X456 X457 X458 X459 X460 X461 X462 X463 X464 X465 X466 X467 X468 X469 X470 X471 X472 X473 X474 X475 X476 X477 X478 X479 X480 X481 X482 X483 X484 X485 X486 X487 X488 X489 X490 X491 X492 X493 X494 X495 X496 X497 X498 X499 X500 X501 X502 X503 X504 X505 X506 X507 X508 X509 X510 X511 X512 X513 X514 X515 X516 X517 X518 X519 X520 X521 X522 X523 X524 X525 X526 X527 X528 X529 X530 X531 X532 X533 X534 X535 X536 X537 X538 X539 X540 X541 X542 X543 X544 X545 X546 X547 X548 X549 X550 X551 X552 X553 X554 X555 X556 X557 X558 X559 X560 X561 X562 X563 X564 X565 X566 X567 X568 X569 X570 X571 X572 X573 X574 X575 X576 X577 X578 X579 X580 X581 X582 X583 X584 X585 X586 X587 X588 X589 X590 X591 X592 X593 X594 X595 X596 X597 X598 X599 X600 X601 X602 X603 X604 X605 X606 X607 X608 X609 X610 X611 X612 X613 X614 X615 X616 X617 X618 X619 X620 X621 X622 X623 X624 X625 X626 X627 X628 X629 X630 X631 X632 X633 X634 X635 X636 X637 X638 X639 X640 X641 X642 X643 X644 X645 X646 X647 X648 X649 X650 X651 X652 X653 X654 X655 X656 X657 X658 X659 X660 X661 X662 X663 X664 X665 X666 X667 X668 X669 X670 X671 X672 X673 X674 X675 X676 X677 X678 X679 X680 X681 X682 X683 X684 X685 X686 X687 X688 X689 X690 X691 X692 X693 X694 X695 X696 X697 X698 X699 X700 X701 X702 X703 X704 X705 X706 X707 X708 X709 X710 X711 X712 X713 X714 X715 X716 X717 X718 X719 X720 X721 X722 X723 X724 X725 X726 X727 X728 X729 X730 X731 X732 X733 X734 X735 X736 X737 X738 X739 X740 X741 X742 X743 X744 X745 X746 X747 X748 X749 X750 X751 X752 X753 X754 X755 X756 X757 X758 X759 X760 X761 X762 X763 X764 X765 X766 X767 X768 X769 X770 X771 X772 X773 X774 X775 X776 X777 X778 X779 X780 X781 X782 X783 X784 X785 X786 X787 X788 X789 X790 X791 X792 X793 X794 X795 X796 X797 X798 X799 X800 X801 X802 X803 X804 X805 X806 X807 X808 X809 X810 X811 X812 X813 X814 X815 X816 X817 X818 X819 X820 X821 X822 X823 X824 X825 X826 X827 X828 X829 X830 X831 X832 X833 X834 X835 X836 X837 X838 X839 X840 X841 X842 X843 X844 X845 X846 X847 X848 X849 X850 X851 X852 X853 X854 X855 X856 X857 X858 X859 X860 X861 X862 X863 X864 X865 X866 X867 X868 X869 X870 X871 X872 X873 X874 X875 X876 X877 X878 X879 X880 X881 X882 X883 X884 X885 X886 X887 X888 X889 X890 X891 X892 X893 X894 X895 X896 X897 X898 X899 X900 X901 X902 X903 X904 X905 X906 X907 X908 X909 X910 X911 X912 X913 X914 X915 X916 X917 X918 X919 X920 X921 X922 X923 X924 X925 X926 X927 X928 X929 X930 X931 X932 X933 X934 X935 X936 X937 X938 X939 X940 X941 X942 X943 X944 X945 X946 X947 X948 X949 X950 X951 X952 X953 X954 X955 X956 X957 X958 X959 X960 X961 X962 X963 X964 X965 X966 X967 X968 X969 X970 X971 X972 X973 X974 X975 X976 X977 X978 X979 X980 X981 X982 X983 X984 X985 X986 X987 X988 X989 X990 X991 X992 X993 X994 X995 X996 X997 X998 X999 1000

Prévia

Teste de inserção: Início Utentes

Cancelar Criar

Figura 3.18: Interface de criação de notícias e conteúdos educativos

Autorização de Gravação

O sistema implementa um mecanismo de autorização para gravação de vídeos através de códigos PIN. Quando um utilizador tenta aceder à secção de gravação de vídeos, é-lhe apresentada uma modal, conforme ilustrado na Figura 3.19. Após clicar no botão “Nova gravação” e introduzir o código de autorização, o sistema valida o código inserido.

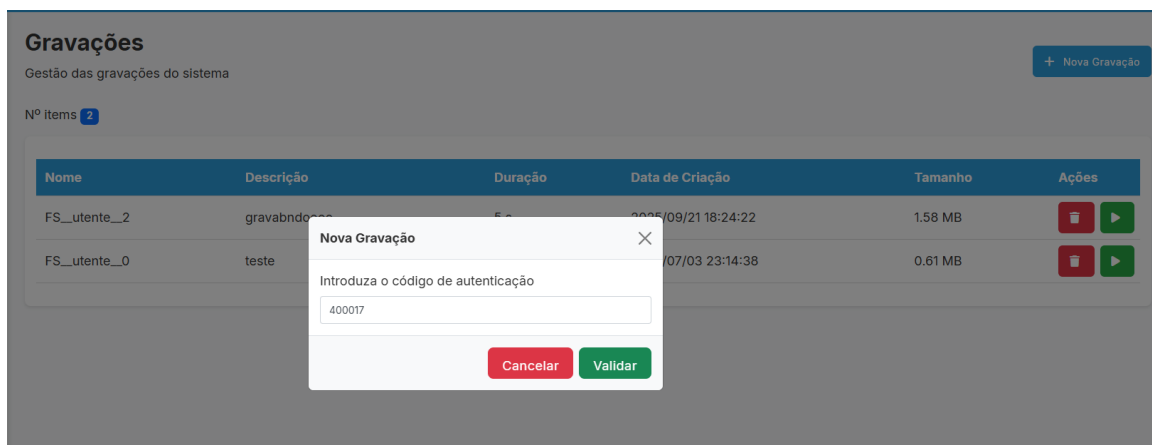


Figura 3.19: Modal de autorização de gravação com inserção de código PIN

Se o código inserido for inválido, o acesso à gravação é recusado, indicando que nenhuma gravação será realizada, como demonstrado na Figura 3.20.

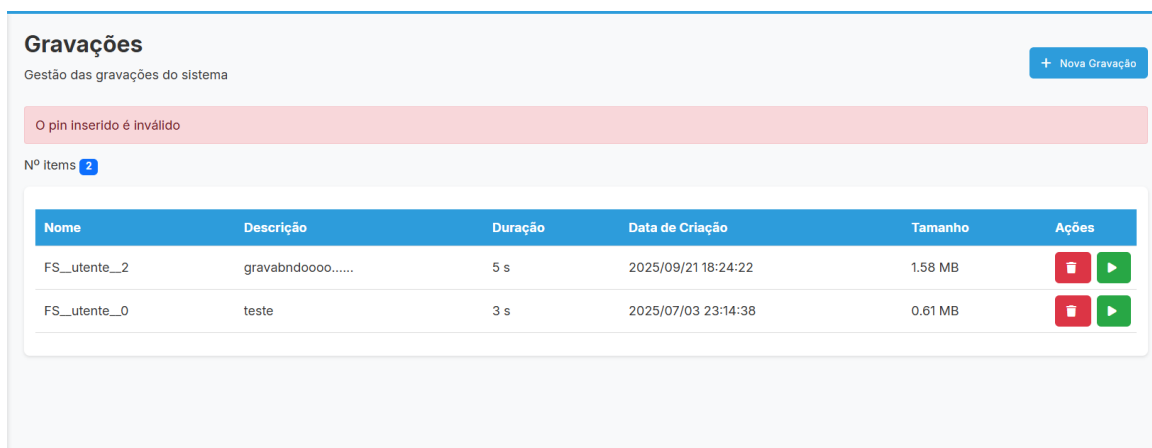


Figura 3.20: Resposta de recusa de acesso à gravação devido a código inválido

Quando o código de autorização é válido, a aplicação navega até à rota de gravação de vídeos e apresenta um botão para iniciar a gravação do vídeo desejado. Posteriormente, existe um campo para inserir uma descrição do vídeo como opcional, conforme ilustrado na Figura 3.21.

3.8.2 Interface Móvel

A versão móvel da aplicação oferece uma experiência adaptada a dispositivos portáteis, mantendo as funcionalidades principais da plataforma web de forma otimizada para ecrãs menores e interação tátil.

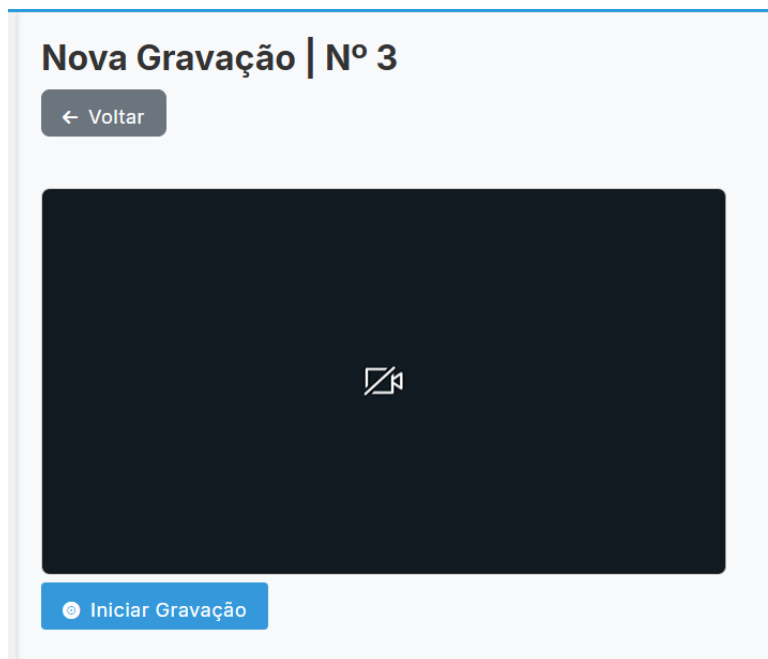


Figura 3.21: Interface de gravação de vídeo após autorização bem-sucedida

Autenticação

A página de login na versão móvel apresenta uma interface simplificada e otimizada para dispositivos móveis, como demonstrado na Figura 3.22a. Similarmente à versão web, a aplicação móvel implementa validação de campos em tempo real. A Figura 3.22b apresenta a página inicial de entrada à aplicação, mostrando erros quando os campos não se encontram preenchidos, com mensagens de erro e o botão de entrar bloqueado.

Menu e Navegação

A aplicação móvel apresenta um menu lateral que facilita a navegação entre as diferentes funcionalidades. A Figura 3.23 mostra o menu lateral com a página de início selecionada e um conjunto de funcionalidades a que o fisioterapeuta tem acesso. Na parte inferior, existe um ícone de mensagem que abre uma página de troca de mensagens.

Área Pessoal

A área pessoal na versão móvel apresenta um ecrã simples e focado, como demonstrado na Figura 3.24a para um administrador. Para fisioterapeutas, a área pessoal é comum aos outros perfis mas inclui um botão adicional para gerar um PIN de validação para dar autorização às gravações via esta plataforma, como ilustrado na Figura 3.24b.

The image shows the login screen of the 'FisioStroke' mobile application. At the top, the app's name 'FisioStroke' is displayed in a large blue font, followed by the subtitle 'Bem-vindo à plataforma de acompanhamento fisioterapêutico pós AVC'. Below this, a white rounded rectangle contains the title 'Iniciar Sessão' in blue. Underneath, there are two input fields: 'Nome de Utilizador' and 'Palavra-passe', each with a light gray placeholder text 'Introduza o seu nome de utilizador' and 'Introduza a sua palavra-passe' respectively. At the bottom of the white box is a gray button labeled 'Entrar'.

(a) Página de login da aplicação móvel

This image shows the same login screen as (a), but with validation error messages. The 'Nome de Utilizador' field has a red border and a red error message below it: 'O nome de utilizador é obrigatório'. The 'Palavra-passe' field also has a red border and a red error message below it: 'A palavra-passe é obrigatória'. The 'Entrar' button remains at the bottom.

(b) Mensagens de erro de validação no formulário de login móvel

Figura 3.22: Interface de autenticação na aplicação móvel

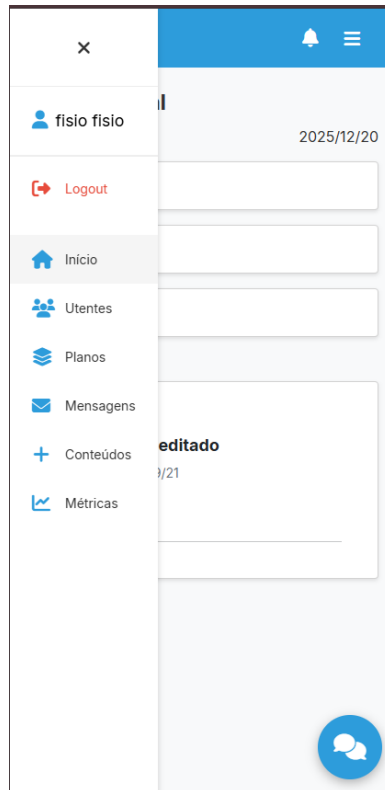


Figura 3.23: Menu lateral do fisioterapeuta na aplicação móvel

Gestão de Utilizadores

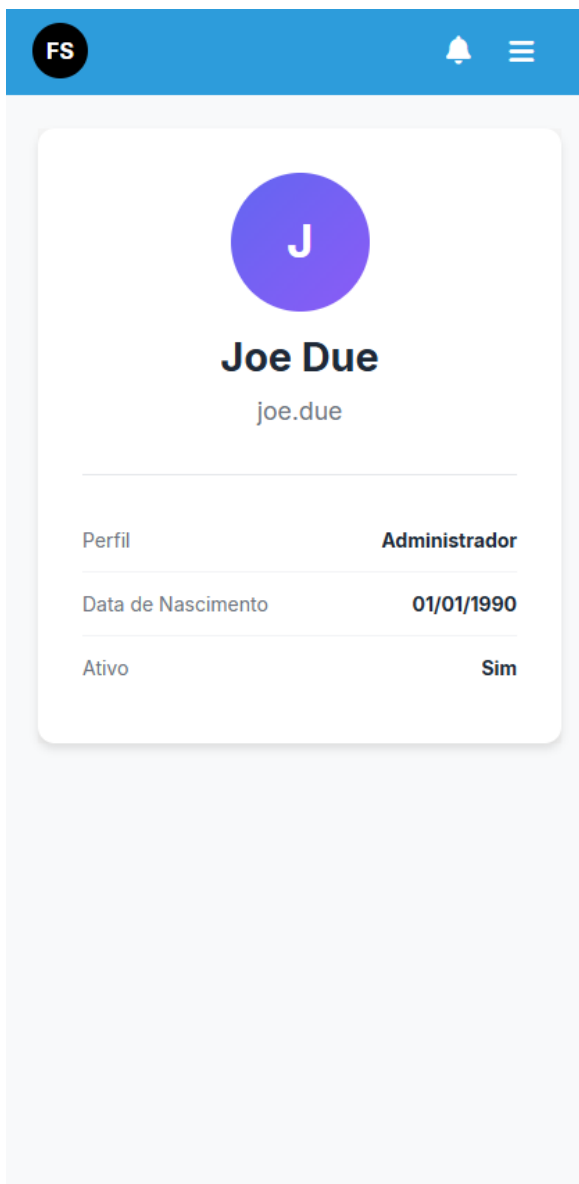
A página de lista de utilizadores registados na aplicação é um ecrã exclusivo do administrador na versão móvel. O administrador pode visualizar, criar, apagar e inativar utilizadores, como demonstrado na Figura 3.25.

3.9 Resumo

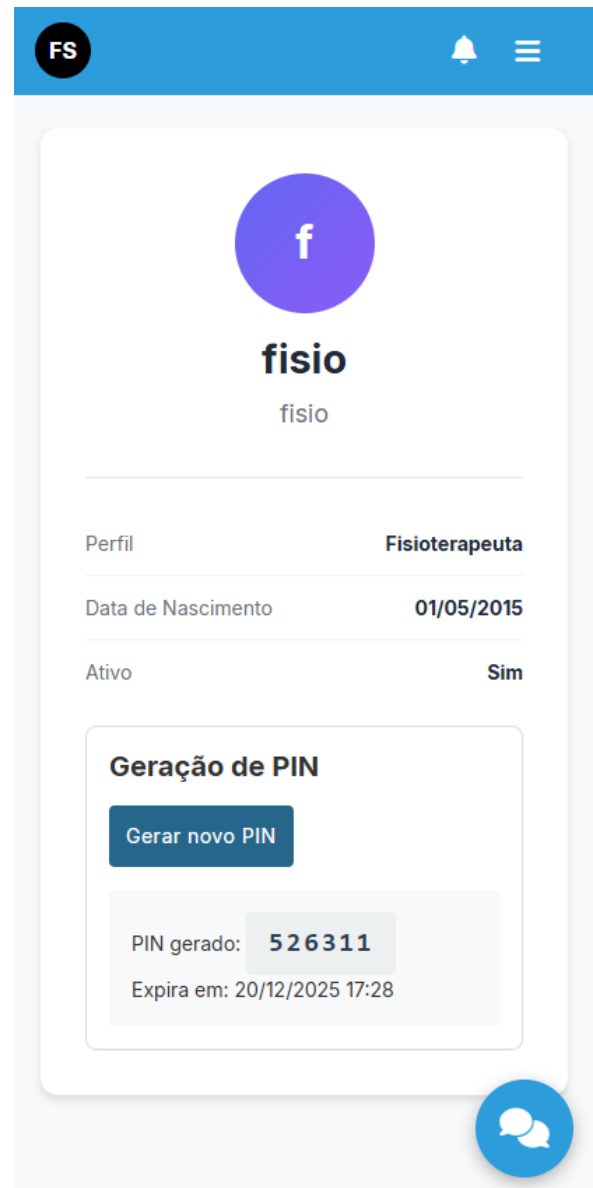
A implementação da plataforma digital desenvolvida para apoio à reabilitação pós-AVC foi conduzida de forma estruturada, integrando as etapas de conceção, desenvolvimento, implementação e validação. O processo iniciou-se com a compreensão aprofundada do problema e a definição clara dos objetivos gerais e específicos do sistema, evoluindo para a análise de requisitos e para o desenvolvimento incremental das funcionalidades.

A nível tecnológico, foram ponderadas diversas abordagens, tendo sido selecionada a combinação **Spring Boot** e **Angular**, suportada por uma base de dados **MySQL**, por se revelar a mais adequada em termos de *robustez*, *escalabilidade* e *adequação ao domínio da aplicação*. A arquitetura adotou o padrão *cliente-servidor*, estruturado em múltiplas camadas (Apresentação, Aplicação, Comunicação, Dados e Segurança), assegurando modularidade e separação de responsabilidades. A segurança foi concebida de forma transversal, com autenticação baseada em *tokens*, perfis de utilizador diferenciados e mecanismos adicionais para operações sensíveis — nomeadamente a autorização de gravações mediante *PIN*, reforçando o controlo e a proteção da informação.

O desenvolvimento decorreu em quatro fases principais:



(a) Área pessoal de um administrador na versão móvel



(b) Área pessoal do fisioterapeuta com opção de gerar PIN

Figura 3.24: Área pessoal na aplicação móvel



Figura 3.25: Lista de utilizadores na aplicação móvel (perfil administrador)

1. Implementação das funcionalidades básicas de **CRUD** nos módulos de gestão de utilizadores, notificações, conteúdos e metadados de vídeos;
2. Integração dos mecanismos de **segurança**, autenticação, perfis de utilizador e comunicação em tempo real;
3. Unificação da aplicação num **artefacto único** ligado a uma base de dados relacional;
4. Implementação do módulo de **autorização por PIN**.

A plataforma resultante traduz-se num sistema digital funcional, acessível e integrado, capaz de operar sem necessidade de hardware especializado. Os três perfis de utilizador refletem a estrutura de funcionamento prevista: o **Administrador** gere utilizadores e configurações do sistema; o **Fisioterapeuta** prescreve planos de exercícios, acompanha métricas, gera PINs e publica conteúdos educativos; e o **Utente** executa planos personalizados, consulta indicadores de desempenho e comunica em tempo real com o técnico responsável.

Globalmente, a implementação seguiu boas práticas de engenharia de software, promovendo a qualidade do código, a escalabilidade e a segurança. O resultado é uma **plataforma digital robusta e evolutiva**, que contribui para reforçar a continuidade da fisioterapia, aumentar a autonomia dos utentes e otimizar o acompanhamento remoto dos fisioterapeutas — constituindo, assim, uma solução tecnologicamente sólida e socialmente relevante no contexto da reabilitação digital.

4

Avaliação da Solução

Este capítulo apresenta e analisa os resultados obtidos com a avaliação da solução desenvolvida. Inicia-se com uma explicação detalhada das diferentes dimensões em que a solução é avaliada, de forma a contextualizar a interpretação dos dados. São também indicadas as métricas utilizadas, justificando-se a escolha face aos objetivos traçados e à natureza dos módulos implementados.

4.1 Dimensões de avaliação

A avaliação da plataforma foi estruturada com base em critérios quantitativos e qualitativos, organizados em métricas técnicas, funcionais e de usabilidade. Esta abordagem permite aferir o grau de conformidade com os requisitos definidos e a qualidade geral da solução.

4.1.1 Funcional

Métricas relacionadas com a capacidade do sistema de cumprir os requisitos funcionais, executar as operações esperadas e escalabilidade no sentido de suportar um elevado número de utilizadores em simultâneo.

- **Funcionalidades** - Avaliar se o sistema cumpre corretamente os requisitos definidos.
- **Escalabilidade** - Medir a capacidade do sistema de crescer em número de utilizadores, volume de dados ou carga, sem comprometer o desempenho.

A avaliação funcional no âmbito das funcionalidades consiste na verificação do cumprimento dos requisitos funcionais previamente definidos. Esta verificação será realizada através da execução de testes manuais, cobrindo cada uma das funcionalidades implementadas na plataforma. O objetivo é garantir que o comportamento observado corresponde ao comportamento esperado em todos os cenários relevantes.

4.1.2 Técnica

Esta categoria foca-se na avaliação de aspetos internos e estruturais do sistema. Estes indicadores são essenciais para garantir a estabilidade da aplicação, a sua eficiência sob diferentes cargas e a facilidade de evolução ao longo do tempo.

- **Desempenho** - Medir os tempos de resposta da aplicação, o tempo de carregamento das páginas, a latência dos serviços backend.
- **Segurança** - Avalia o grau de proteção do sistema contra acessos não autorizados, verificando a correta implementação de autenticação via JWT, controlo de acessos por perfil.
- **Manutenção** - Medir a facilidade com que o sistema pode ser modificado, corrigido ou evoluído. Envolve fatores como organização do código, documentação técnica e uso de boas práticas de desenvolvimento.
- **Escalabilidade** - Avaliar a capacidade da arquitetura e infraestrutura do sistema em lidar com aumento no número de utilizadores, dados e requisições, sem comprometer o desempenho ou a estabilidade.

A avaliação técnica será realizada através da monitorização de métricas específicas em cada uma destas áreas, utilizando ferramentas de testes de carga, análise de código e monitorização de desempenho, para validar a robustez e qualidade interna da solução desenvolvida.

4.1.3 Usabilidade / UX

As métricas de usabilidade e experiência do utilizador visam avaliar como os utilizadores interagem com a plataforma, bem como a facilidade, conforto e eficácia com que conseguem executar as suas tarefas. Estes indicadores são essenciais para garantir que a aplicação seja acessível, intuitiva e adequada aos diferentes perfis de utilizador, nomeadamente utentes com limitações motoras ou baixa literacia digital.

- **Usabilidade** - Medir a eficiência, eficácia e satisfação dos utilizadores durante a utilização da plataforma. São considerados fatores como o número de cliques até completar uma ação, o tempo médio por tarefa e a taxa de sucesso em tarefas críticas.
- **Acessibilidade** - Verificar se a aplicação pode ser utilizada por pessoas com limitações. Avaliar a conformidade com as diretrizes WCAG e a navegação por teclado.
- **Experiência do Utilizador (UX)** - Avaliar de forma mais abrangente a qualidade da interação entre o utilizador e a aplicação. Inclui aspetos como a fluidez da navegação, clareza da interface, feedback visual, consistência dos elementos gráficos e satisfação geral.

A avaliação será realizada através da observação de sessões de utilização, aplicação de testes de usabilidade, análise de conformidade com padrões de acessibilidade, garantindo que a solução seja eficaz e centrada no utilizador.

4.1.4 Lighthouse

O *Lighthouse* é uma ferramenta *open-source* desenvolvida pela Google para a avaliação automatizada da qualidade técnica de aplicações web [Goo25b]. Encontra-se integrada no *Google Chrome DevTools* e pode igualmente ser executada via linha de comandos, permitindo a realização de auditorias técnicas de forma sistemática e reproduzível em diferentes ambientes de execução.

A ferramenta avalia aplicações web segundo várias dimensões fundamentais, nomeadamente desempenho, acessibilidade, boas práticas, otimização para motores de pesquisa (*SEO*), produzindo para cada categoria uma pontuação normalizada entre 0 e 100 [Goo25b]. Esta abordagem facilita a comparação objetiva entre diferentes execuções e versões da aplicação.

A avaliação de desempenho baseia-se em métricas pertencentes ao conjunto das *Web Vitals*, incluindo *Largest Contentful Paint* (LCP), *Interaction to Next Paint* (INP) e *Cumulative Layout Shift* (CLS), que refletem a experiência do utilizador durante o carregamento e a interação com a interface [Goo25a]. Os testes são executados num ambiente controlado, recorrendo a dados laboratoriais (*lab data*), garantindo consistência e repetibilidade dos resultados [Goo25b].

No contexto da plataforma digital desenvolvida, o *Lighthouse* é utilizado como ferramenta de apoio à validação técnica da aplicação desenvolvida, permitindo avaliar de forma objetiva aspetos relacionados com desempenho, acessibilidade e qualidade geral da interface, em alinhamento com boas práticas reconhecidas no desenvolvimento de aplicações web [Goo25b].

4.1.5 Apache JMeter

O *Apache JMeter* é uma ferramenta *open-source* desenvolvida pela *Apache Software Foundation*, amplamente utilizada para a realização de testes de desempenho, carga e stress em aplicações e serviços, nomeadamente aplicações web e API [Apa25]. A ferramenta permite simular múltiplos utilizadores concorrentes, possibilitando a análise do comportamento do sistema sob diferentes níveis de carga.

O JMeter baseia-se na definição de planos de teste compostos por *thread groups*, que representam utilizadores virtuais, e por *samplers*, responsáveis pela execução de pedidos a recursos específicos, como pedidos HTTP. Durante a execução dos testes, são recolhidas métricas relevantes, incluindo tempos de resposta, taxa de erros e *throughput*, permitindo uma avaliação objetiva do desempenho do sistema [Apa25].

No contexto da plataforma digital desenvolvida, o JMeter é utilizado como ferramenta de apoio à avaliação do desempenho da aplicação, permitindo analisar a sua capacidade de resposta a acessos concorrentes e identificar potenciais limitações ao nível da escalabilidade [Apa25].

4.2 Indicação das métricas

A avaliação da plataforma digital baseou-se na definição de um conjunto de métricas funcionais, técnicas e de usabilidade que permitem caracterizar de forma objetiva a robustez, a eficiência e a experiência de utilização do sistema. Estas métricas foram selecionadas por representarem critérios amplamente aceites em estudos de tecnologias digitais aplicadas à reabilitação e saúde [Ram21; Fon22; RKB⁺23].

As métricas Funcionais tem o intuito de verificar a conformidade com os requisitos definidos e no correto funcionamento dos casos de uso da aplicação. Foram adotadas medidas como:

- Taxa de sucesso na execução de tarefas;
- Taxa de erros críticos;
- Validação de regras de negócio (ex.: controlo de acessos, gestão de planos de exercício).

As métricas Técnicas tem o intuito de verificar a qualidade interna do sistema e a sua capacidade de evolução. Incluem indicadores como:

- Desempenho (tempos médios de resposta, latência do backend);
- Segurança (validação de tokens e perfis);
- Manutenção (cobertura de testes, legibilidade do código, documentação técnica, facilidade de implementação de novas funcionalidades e de resolução de problemas);
- Escalabilidade (capacidade de suportar aumento de utilizadores ou de dados sem perda significativa de desempenho).

As métricas de *Usabilidade/UX* pretendem avaliar a experiência do utilizador durante a interação com o sistema. Embora existam diversas abordagens possíveis – como a medição do tempo médio para completar tarefas críticas, o número de cliques necessários por fluxo ou a taxa de abandono de tarefas – neste contexto optou-se por aplicar um questionário de satisfação padronizado, nomeadamente o *System Usability Scale (SUS)* e deixando de lado o *Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)*, amplamente utilizados em estudos de tele-reabilitação [Ram21; Fon22].

Avaliação da satisfação dos utilizadores

Para a avaliação da experiência de utilização foi selecionado o (SUS). O (SUS) é um questionário padronizado amplamente utilizado na área da usabilidade de software e sistemas digitais, constituído por 10 afirmações avaliadas numa escala de Likert de 1 a 5 (1 – Discordo totalmente; 5 – Concordo totalmente). A sua escolha justifica-se pela simplicidade de aplicação (tempo médio de resposta inferior a 5 minutos), pela robustez estatística já validada em múltiplos domínios e pelo facto de gerar um índice global de usabilidade com valores comparáveis entre diferentes estudos. Esta característica é particularmente relevante no contexto da reabilitação digital, permitindo comparar a aplicação digital com outras soluções descritas na literatura [Ram21; Fon22; RKB⁺23]. Além disso, o (SUS) tem sido recorrentemente utilizado em estudos de tele-reabilitação, o que reforça a sua adequação a este projeto.

O questionário (SUS) aplicado:

1. Considero que gostaria de utilizar esta aplicação com frequência.
2. Achei a aplicação desnecessariamente complexa. (invertida)
3. Pensei que a aplicação foi fácil de usar.
4. Achei que precisaria de apoio técnico para usar a aplicação. (invertida)
5. Considerei que as várias funcionalidades da aplicação estavam bem integradas.
6. Achei que havia demasiada inconsistência na aplicação. (invertida)

7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar esta aplicação muito rapidamente.
8. Achei a aplicação muito difícil de usar. (invertida)
9. Senti-me confiante a usar a aplicação.
10. Precisei de aprender muitas coisas antes de conseguir usar a aplicação. (invertida)

Cada afirmação do questionário é respondida numa escala de (Likert) de 1 a 5.

1. Discordo totalmente
2. Discordo
3. Neutro
4. Concordo
5. Concordo totalmente

Este conjunto de métricas fornece uma visão integrada sobre a solução, permitindo avaliar não apenas a sua conformidade funcional, mas também a qualidade técnica subjacente e a experiência real dos utilizadores finais.

4.3 Resultados da avaliação

Nesta secção apresentam-se os resultados da avaliação da solução desenvolvida, foi organizada em três dimensões: funcional, técnica e de usabilidade/UX. Cada dimensão contém um conjunto de métricas que permitem aferir o grau de conformidade da plataforma com os requisitos definidos, bem como a qualidade geral da solução desenvolvida. Esta abordagem combinada, baseada em critérios quantitativos e qualitativos, assegura uma análise abrangente que cobre desde o cumprimento dos requisitos funcionais até à experiência final do .

4.3.1 Avaliação Funcional: Escalabilidade

A avaliação da escalabilidade nesta fase é de carácter funcional e exploratório, baseando-se na análise da arquitetura e nas tecnologias adotadas. Considera-se a capacidade do sistema em suportar o crescimento no número de utilizadores e no volume de dados através da modularidade do *backend* (*Spring Boot + MySQL*) e da arquitetura cliente-servidor. A realização de testes de carga podem indicar como será o comportamento da plataforma em cenários de maior utilização, poderá permitir a integração futura de mecanismos de balanceamento. A tabela 4.1 apresenta a avaliação funcional da escalabilidade do sistema.

4.3.2 Avaliação Funcional: Funcionalidades

Esta sessão de verificar se todas as funcionalidades implementadas cumprem os requisitos definidos, através da execução de testes manuais que simulam cenários reais de utilização.

Tabela 4.1: Avaliação funcional da escalabilidade do sistema

Avaliação	Descrição	Resultado Funcional
Múltiplos utilizadores	Capacidade do backend de gerir várias sessões em simultâneo, com autenticação JWT e comunicação cliente–servidor	Funcionalmente o sistema suporta vários utilizadores ativos
Volume de dados	Utilização de MySQL como base de dados relacional, permitindo expansão de tabelas e índices.	Funcionalmente demonstra aptidão para aumento progressivo, embora limitado pela capacidade de armazenamento do servidor atual
Escalabilidade vertical	Possibilidade de melhorar desempenho aumentando recursos do servidor (CPU, memória, armazenamento)	Arquitetura atual (.jar único com backend e frontend) permite escalar verticalmente sem alterações estruturais
Escalabilidade horizontal	Capacidade de distribuir carga entre várias instâncias da aplicação e base de dados	Funcionalmente possível no futuro com replicação de dados MySQL e instâncias múltiplas do backend

Gestão de utilizadores

Engloba os testes de registo, edição e remoção lógica de contas, bem como a filtragem e listagem de utilizadores segundo perfis e estados. A tabela abaixo apresenta os casos de teste para a gestão de utilizadores. Para realizar os testes como pré-requisito é necessário ter a aplicação instalada e neste caso como perfil de administrador e estar na página da lista de utilizadores. A lista de utilizadores registados na plataforma só pode visível na totalidade pelo administrador e técnico mas este com acesso limitado aos em que é responsável. O utente não tem acesso a esta funcionalidade.

Perfis e Permissões

Estes testes avaliam as regras de negócio associadas aos diferentes perfis (Administrador, técnico, Utente), garantindo confidencialidade e segurança de dados que cada acede e controlando a execução de operações permitidas. A tabela 4.3 apresenta os casos de teste para perfis e permissões.

Gravação e Sessões

Estes testes avaliam a capacidade do sistema em gravar vídeos durante sessões de reabilitação. A tabela 4.4 apresenta os casos de teste para gravação.

Módulo domiciliário

Estes testes avaliam o acesso a planos de exercícios e conteúdos informativos pelos utentes, incluindo a marcação de planos de exercícios concluídos, monitorização do progresso e criação de relatórios automáticos. A tabela 4.5 apresenta os casos de teste para este cenário. O caso h-02 tem o pressuposto de que o utilizador tem acesso a lista de planos de exercícios sendo um perfil técnico ou utente.

Tabela 4.2: Casos de teste para Gestão de utilizadores

ID	Perfil	Nome	Passos	Resultado Esperado
f. GU-01	Criar	Administrador	1. Carregar no botão de criar 2. Preencher o formulário 3. Submeter o formulário	Criado
GU-02	Visualizar detalhes de	Administrador	1. Carregar no botão de editar 2. Alterar a informação pretendida 3. Submeter o formulário	Dados atualizados
GU-03	Editar perfil	Administrador	1. Carregar no botão de editar 2. Alterar a informação pretendida 3. Submeter o formulário	Dados atualizados
GU-04	Desativar	Administrador ou técnico	1. Selecionar e carregar no botão de desativar 2. Confirmar ação 3. Verificar se o foi desativado	Desativado
GU-05	Filtrar lista de utilizadores	Administrador	1. Expandir o menu de filtros 2. Selecionar/preencher o filtro pretendido 3. Submeter o formulário	Tabela devolve apenas resultados que respeitam todos os filtros
GU-06	Remover	Administrador	1. Carregar no botão de remover 2. Confirmar ação 3. Verificar se o foi removido	Removido

Tabela 4.3: Casos de teste para Perfis e Permissões

Operação	Administrador	Técnico	Utente
Utilizadores → Registar novo	Sim	Não	Não
Utilizadores → Editar dados	Sim	Sim	Não
Utilizadores → Consultar detalhe	Sim	Sim	Não
Utilizadores → Remover	Sim	Não	Não
Utilizadores → Filtrar lista	Sim	Não	Não
Utilizadores → Acesso a lista	Sim	Limitado	Não
Planos de exercícios → Criar	Não	Sim	Não
Planos de exercícios → Lista e filtrar	Não	Sim	sim
Planos de exercícios → Editar	Não	Sim	Não
Planos de exercícios → Remover	Não	Sim	Não
Planos de exercícios → Executar	Não	Não	sim
Planos de exercícios → Ver detalhe	Não	Sim	sim
Mensagens / chat → Enviar	Não	Sim	Sim
Mensagens / chat → Receber	Não	Sim	Sim
Mensagens / chat → Remover	Não	Sim	Sim
Notificações → Enviar	Sim	Sim	Sim
Notificações → Receber	Sim	Sim	Sim
Notificações → Remover	Sim	Sim	Sim
Notificações → Marcar como lida	Sim	Sim	Sim
Notificações → Marcar como não lida	Sim	Sim	Sim
Detalhes da minha conta → Consultar minha informação	sim	Sim	Sim
Detalhes da minha conta → Gerar código de acesso ao gravações	Não	Sim	Não
Conteúdos informativos → Criar	Não	Sim	Não
Conteúdos informativos → Editar	Não	Sim	Não
Conteúdos informativos → Remover	Não	Sim	Não
Conteúdos informativos → Lista e filtrar	Não	Sim	Não
Conteúdos informativos → Visualizar detalhe	Sim	Sim	Sim
Métricas → lista de métricas	Não	Sim	Sim
Métricas → Ver detalhe	Não	Sim	Sim
Gravações → Gravar	Não	Não	Sim
Gravações → Ver	Não	Não	Sim
Gravações → Remover	Não	Não	Sim

Tabela 4.4: Casos de teste para Gravação e Sessões

ID	Nome	Passos	Resultado Esperado
GS-01	Gravar vídeo durante sessão	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navegar até ao detalhe do técnico 2. Gerar código de validação 3. Navegar até às gravações 4. Introduzir o código de validação 5. Iniciar gravação de vídeo 6. Parar e guardar, adicionando um descritivo opcional 	Vídeo guardado no dispositivo e associados à conta do utente os metadados
GS-02	Ver gravações	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navegar até à lista de gravações 2. Clicar no botão de ver vídeo 3. Selecionar o vídeo que se pretende ver 4. Iniciar a visualização do vídeo 	Vídeo fica guardado no dispositivo e os metadados ficam associados à conta do utente
GS-03	Remover gravação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navegar até à lista de gravações 2. Selecionar o vídeo que se pretende remover 3. Clicar no botão de remover vídeo 4. Confirmar a remoção 	Vídeo removido

Tabela 4.5: Casos de teste para Módulo Domiciliário

ID	Nome	Passos	Resultado Esperado
MD-01	Lista e filtrar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expandir filtros, preencher os filtros pretendidos 2. Submeter o formulário 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lista inicia com filtros vazios 2. Lista filtrada com os resultados que respeitam todos os filtros
MD-02	Consultar detalhe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carregar no botão de detalhe 2. Visualizar os detalhes do plano 	Detalhes do plano
MD-03	Editar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carregar no botão editar 2. Submeter o formulário 3. Verificar se os dados foram atualizados 	Dados atualizados
MD-04	Remover	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carregar no botão remover 2. Confirmar ação 3. Verificar se o plano foi removido 	Plano removido
MD-05	Executar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carregar no botão executar 2. Executar o plano de exercícios 	Plano de exercícios executado, com geração de métricas Mensagem de congratulação pela execução do plano

Chat

Estes testes avaliam o envio e receção de mensagens através do modulo chat, leitura e persistência do histórico de conversas. A tabela 4.6 apresenta os casos de teste para este cenário. O perfil administrador não tem acesso a este modulo.

Tabela 4.6: Casos de teste para Chat

ID	Nome	Passos	Resultado Esperado
CH-01	Visualizar	1. Iniciar chat carregando no botão do chat 2. Escrever mensagem 3. Enviar	Mensagem aparece no chat
CH-02	Lista de utilizadores (Técnico)	1. Abrir chat 2. Confirmar que o técnico visualiza apenas os utilizadores associados a si como fisioterapeuta	Ver lista de utilizadores
CH-03	Nova mensagem	1. Enviar mensagem a um utilizador 2. Verificar se o utilizador recebe a notificação cujo ícone de chat fica com indicação visual da nova mensagem e o total de mensagens novas	Mensagem recebida
CH-04	Remover	1. Clicar no botão de remover	Mensagem removida

Notificações

Estes testes avaliam o módulo de notificações, comum a todos os perfis da aplicação. Este módulo permite o envio de comunicações internas, possibilitando selecionar os destinatários da mensagem. Pode ser utilizado, por exemplo, para reportar problemas na plataforma, informar sobre a disponibilização de novos conteúdos ou comunicar outras situações internas relevantes. A Tabela 4.7 apresenta os casos de teste definidos para este cenário. A realização destes testes pressupõe que o utilizador está na página de notificações.

Monitorização

Os testes desta secção avaliam o módulo de monitorização. Este módulo permite o registo da duração das sessões em se realizam os exercícios, armazenamento de métricas e *feedback* automático ao finalizar sessões de treino. A Tabela 4.8 apresenta os casos de teste definidos para este cenário. A realização destes testes pressupõe que o utilizador está na página de monitorização. Esta página não é acessível para o perfil administrador.

Autenticação

Os testes desta secção avaliam o módulo de autenticação. Este módulo permite o iniciar e terminar a sessão do utilizador. A Tabela 4.9 apresenta os casos de teste definidos para este cenário.

Tabela 4.7: Casos de teste para Notificações

ID	Nome	Passos	Resultado Esperado
NT-01	Lista e filtros	1. Expandir os filtros 2. Preencher os filtros pretendidos 3. Submeter o formulário	1. Lista inicia com filtros vazios 2. Lista filtrada com os resultados que respeitam todos os filtros
NT-02	Visualizar	1. Clicar no botão de visualizar 2. Visualizar a notificação	Notificação visualizada
NT-03	Remover	1. Clicar no botão de remover 2. Confirmar ação 3. Verificar se a notificação foi removida	Notificação removida
NT-04	Marcar como lida	1. Clicar no botão de marcar como lida 2. Verificar se a notificação foi marcada como lida	Notificação marcada como lida
NT-05	Marcar como não lida	1. Clicar no botão de marcar como não lida 2. Verificar se a notificação foi marcada como não lida	Notificação marcada como não lida

Tabela 4.8: Casos de teste para Monitorização

ID	Nome	Passos	Resultado Esperado
MR-01	Consultar métricas	1. Navegar até a página	Visualizar listas das métricas
MR-01	Consultar detalhe	1. Navegar até a página 2. Clicar no botão de detalhe	Visualizar detalhes das métricas

Tabela 4.9: Casos de teste para Autenticação

ID	Nome	Passos	Resultado Esperado
AU-01	Iniciar sessão com credenciais válidas	1. Abrir ecrã de iniciar sessão 2. Introduzir credenciais 3. Submeter	Sessão iniciada; redireciona para dashboard conforme perfil
AU-02	Iniciar sessão com credenciais inválidas	1. Abrir ecrã de iniciar sessão 2. Introduzir credenciais inválidas 3. Submeter	Sessão não iniciada; mensagem adequada exibida
AU-03	Iniciar sessão com conta inativo	1. Abrir ecrã de iniciar sessão 2. Introduzir credenciais inválidas 3. Submeter	Acesso negado; mensagem adequada exibida
AU-04	Terminar sessão	1. Clicar no botão de logout	Sessão terminada; redireciona para ecrã de iniciar sessão

Página inicial

Os testes desta secção avaliam o comportamento da página inicial da aplicação. Esta área é responsável pelo redirecionamento automático após o início de sessão e pela personalização da interface apresentada conforme o perfil do utilizador autenticado (Administrador, Técnico ou Utente). A Tabela 4.10 apresenta os casos de teste definidos para este cenário.

Tabela 4.10: Casos de teste para Página inicial

ID	Nome	Passos	Resultado Esperado
PI-01	Página inicial perfil administrador	1. Iniciar sessão como Admin 2. Navegação automática para página inicial	Página inicial administrador, com acesso a(s) página(s): 1. Início 2. Utilizadores
PI-02	Página inicial perfil Técnico	1. Iniciar sessão como Técnico 2. Navegação automática para página inicial	Página inicial Técnico, com acesso a(s) página(s) 1. Início 2. Utentes 3. Planos de exercícios 4. Mensagens 5. Conteúdos 6. Métricas
PI-03	Página inicial perfil Utente	1. Iniciar sessão como Utente 2. Navegação automática para página inicial	Página inicial utente, com acesso a(s) página(s) 1. Início 2. Planos de exercícios 3. Métricas 4. Gravações

Os testes funcionais realizados abrangeram nove áreas principais do sistema, totalizando mais de 40 casos de teste que validaram o cumprimento dos requisitos funcionais definidos. Todos os testes foram executados manualmente simulando cenários reais de utilização, confirmando que o sistema cumpre os requisitos funcionais estabelecidos e funciona corretamente segundo as especificações definidas para cada perfil de utilizador (Administrador, Técnico e Utente).

4.3.3 Técnica

Esta dimensão avalia os aspetos internos e estruturais da aplicação, incidindo sobre métricas que permitem medir se o sistema executa corretamente as operações esperadas e se mantém um desempenho estável e eficiente perante o aumento do número de utilizadores e de dados. O objetivo é garantir que a solução desenvolvida é robusta, segura, de fácil manutenção e preparada para crescer de forma controlada.

Desempenho

Avaliar a capacidade do sistema em responder de forma eficiente sob diferentes cargas de utilização. A Tabela 4.11 apresenta os casos de teste definidos para este cenário.

Tabela 4.11: Testes de Desempenho

Tipo de Teste	Ferramentas	Passos	Resultado Esperado
Teste de carga	JMeter	Simular 50 – 100 utilizadores simultâneos a aceder a endpoints críticos	O sistema mantém tempos de resposta aceitáveis e com poucas falhas
Teste de stress	JMeter	Aumentar gradualmente o número de requisições até saturação	Identificar ponto de rutura e comportamento após falha

Resultados do Teste de Criação de 80 Utilizadores

O segundo ensaio de desempenho teve como objetivo avaliar a criação simultânea de 80 utilizadores do tipo USER, com *payloads* gerados dinamicamente e distribuição aleatória do *fisioterapeutaId*. A Tabela 4.12 resume as principais métricas do teste.

Tabela 4.12: Resumo executivo – Teste de criação de 80 utilizadores

Métrica	Valor
Total de tentativas	80
Utilizadores criados com sucesso	73
Falhas na criação	7
Taxa de sucesso	91.25%
Taxa de falha	8.75%

Tabela 4.13: Tempos de resposta – Criações bem-sucedidas

Métrica	Valor
Tempo médio	176,95 ms
Tempo mínimo	121 ms
Tempo máximo	305 ms
Total de medições	73

Os testes identificaram falhas em 7 utilizadores, com erro 500 -- Internal Server Error. Os tempos de resposta das falhas oscilaram entre 43 ms e 113 ms, indicando falha imediata do servidor e não de comunicação.

A distribuição dos tempos de resposta é ilustrada na tabela 4.14 identificando a frequência dos tempos de resposta por intervalo.

Tabela 4.14: Distribuição dos tempos de resposta (ms)

Intervalo (ms)	Frequência aproximada
121 – 150	~25 utilizadores
151 – 200	~30 utilizadores
201 – 250	~15 utilizadores
251 – 305	~3 utilizadores

Foram criados com sucesso os utilizadores `user_random_1` até ao utilizador `user_random_80`, com distribuição aleatória do `fisioterapeutaId`.

Tabela 4.15: Síntese global do teste

Aspeto	Resultado
Eficiência	91.25% de sucesso
Velocidade	177 ms de tempo médio
Confiabilidade	7 falhas em 80 tentativas
Distribuição	<code>fisioterapeutaId</code> aleatório validado

A conclusão do teste permitiu observar um comportamento globalmente satisfatório:

- 73 dos 80 utilizadores criados com sucesso (91.25%);
- Tempo médio de resposta excelente (177 ms);
- Distribuição aleatória de `fisioterapeutaId` confirmada;
- Falhas pontuais (erro 500) atribuídas a instabilidade temporária do servidor.

No geral, o *script* apresentou desempenho robusto, com tempos de resposta muito abaixo do limite de 2 s e uma taxa de sucesso acima de 90%.

Resultados do Teste de Autenticação (100 Utilizadores)

O teste de desempenho teve como objetivo avaliar o tempo de resposta e a estabilidade do processo de autenticação na aplicação, simulando 100 tentativas consecutivas de autenticação de utilizadores cujo o perfil é `USER`. A Tabela 4.16 apresenta o resumo do teste.

Tabela 4.16: Resumo – Teste de Autenticação (100 Utilizadores)

Métrica	Valor
Total de tentativas	100
Autenticações com sucesso	100
Falhas na autenticação	0
Taxa de sucesso	100%
Taxa de falha	0%

Tabela 4.17: Tempos de resposta – Autenticação bem-sucedida

Métrica	Valor
Tempo médio	182,96 ms
Mediana	172,5 ms
Tempo mínimo	93 ms
Tempo máximo	371 ms
Percentil 90	265,6 ms
Percentil 95	310,9 ms
Percentil 99	370,9 ms
Taxa média de processamento	2,55 req/s

De acordo com os parâmetros definidos para os testes de desempenho (95% das requisições com tempo inferior a 2 s e taxa de erro inferior a 1%), o *endpoint* de autenticação apresentou os seguintes resultados:

Tabela 4.18: Verificação dos critérios de aceitação – Teste de Autenticação

Critério	Valor Observado	Resultado
95% < 2 s	0,31 s (P95)	OK
Taxa de erro < 1%	0%	OK

A Tabela 4.19 apresenta a distribuição estimada das latências observadas durante o teste.

Tabela 4.19: Distribuição dos tempos de resposta (ms)

Intervalo (ms)	Frequência aproximada
90—150	~30 requisições
151—200	~40 requisições
201—300	~25 requisições
301—370	~5 requisições

Tabela 4.20: Síntese global – Teste de Autenticação

Aspeto	Resultado
Eficiência	100% de sucesso
Velocidade média	0,18 s
Confiabilidade	Nenhum erro registado
Escalabilidade	Desempenho consistente com 100 autenticações consecutivas
Capacidade de resposta	Inferior a 400 ms mesmo em pico de carga

O teste demonstrou um comportamento excecional do *endpoint* de autenticação:

- Todas as 100 tentativas de autenticação foram concluídas com sucesso;
- O tempo médio de resposta situou-se em 182 ms, com valores Percentil 95 e Percentil 99 muito abaixo dos 2 s;
- Nenhum erro de autenticação, rede ou servidor foi registado;

- O sistema mostrou-se estável e responsivo mesmo sob carga contínua.

Com estes resultados conclui-se que o desempenho do processo de autenticação cumpre integralmente os critérios de aceitação definidos, garantindo um tempo de resposta excelente e uma experiência de utilizador fluida.

Avaliação do Teste de Stress

O teste de *stress* teve como objetivo avaliar o comportamento da aplicação sob carga elevada, medindo a estabilidade, o tempo de resposta e o ponto de saturação do sistema. A execução foi realizada com três níveis de carga progressiva (10, 50 e 100 utilizadores simultâneos), totalizando 46 240 requisições num período de 15 minutos e 21 segundos.

A Tabela 4.21 apresenta o resumo das principais métricas obtidas.

Tabela 4.21: Resumo dos resultados do teste de *stress*

Métrica	Resultado
Total de requisições	46 240
Duração total	15 minutos e 21 segundos
Taxa média de processamento	50,2 req/s
Requisições bem-sucedidas	42 464 (91,83%)
Requisições com erro	3 776 (8,17%)
Tempo mínimo de resposta	81 ms
Tempo máximo de resposta	2 417 ms
Tempo médio de resposta	493 ms

A análise por fases permite observar a evolução do tempo médio de resposta em cada fase de carga. A figura 4.1 ilustra a evolução do tempo médio de resposta em cada fase de carga.

Os resultados demonstram que:

- Até 50 utilizadores simultâneos, o sistema manteve desempenho estável (média < 200 ms e taxa média de processamento linear).
- Entre 50 e 100 utilizadores, observou-se degradação gradual do tempo de resposta (493 ms em média).
- A partir dos 100 utilizadores, o **tempo de resposta crítico** ultrapassou os 2 s, indicando o ponto de rutura.

Com base na análise detalhada do ficheiro `statistics.json` foi possível identificar limites de desempenho global do sistema em que o processamento foi evidentemente mais lento. Os tempos maiores de resposta foram associados às transações de autenticação, com médias próximas de 500 ms e percentis 95 acima de 1 s. O processamento de autenticação via JWT e o acesso à base de dados apresentaram indícios de sobrecarga, sugerindo a necessidade de otimização nestas camadas.

O sistema demonstrou um comportamento robusto e previsível até 100 utilizadores simultâneos, mantendo uma taxa de sucesso superior a 91%. A performance geral é considerada promissora para o contexto

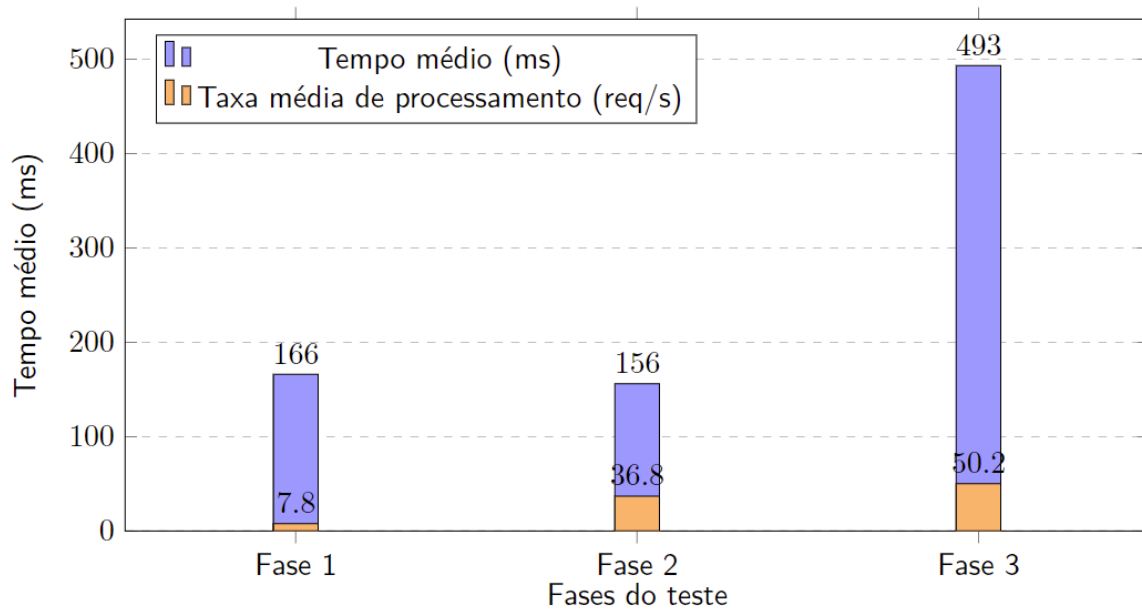


Figura 4.1: Comparação entre o tempo médio de resposta e taxa média de processamento nas três fases do teste de *stress*.

de uso atual, embora a taxa de erro de 8% e o aumento do tempo de resposta acima de 2s em carga máxima revelem o limite da infraestrutura. Recomenda-se a implementação de **mecanismos de cache para tokens JWT**, **pooling de conexões à base de dados** e **escalabilidade horizontal**, de modo a garantir uma resposta consistente em cenários de elevada concorrência.

Segurança

Estes testes avaliam o grau de proteção contra acessos não autorizados e a correta aplicação de autenticação e perfis. A Tabela 4.22 apresenta os casos de teste definidos para este cenário.

Tabela 4.22: Testes de Segurança

Tipo de Teste	Ferramentas	Passos	Resultado Esperado
Validação de tokens JWT	Postman	1. Configurar utilizadores testes 2. Enviar requests com tokens inválidos ou expirados	O sistema rejeita acesso com erro 401/403
Controlo de acessos por perfil	Manual e/ou Postman	1. Criar contas com diferentes perfis 2. Aceder a endpoints que requerem um determinado perfil, presente no token	Acesso negado, sem exposição de dados sensíveis

Manutenção

Estes testes avaliam a facilidade de evolução, correção e atualização do sistema. Não se limitam à verificação de erros, mas procuram garantir que a aplicação apresenta uma estrutura sólida e sustentável, preparada

para futuras alterações com o menor risco possível. A Tabela 4.23 apresenta os casos de teste definidos para este cenário.

Tabela 4.23: Testes de Manutenção

Tipo de Teste	Ferramentas	Passos	Resultado Esperado
Verificação de documentação técnica	Swagger Revisão manual	Gerar documentação de APIs	Documentação atualizada, coerente com a implementação
Estrutura modular	Análise manual	Rever organização de pacotes/módulos e dependências entre componentes	Código organizado em módulos independentes Alterações localizadas não afetam outras áreas do sistema

4.3.4 Usabilidade / UX

O objetivo desta secção é avaliar a **facilidade de uso**, a **acessibilidade** e a **satisfação** dos utilizadores ao executar tarefas reais. O foco é garantir que a aplicação seja *intuitiva*, *eficiente* e *inclusiva*, seguindo as boas práticas de UX e as diretrizes WCAG 2.2. A validação combina auditoria usando ferramentas, testes com utilizadores e métricas objetivas (tempo, cliques, taxa de sucesso e SUS).

Acessibilidade

Estes testes verificam se a aplicação cumpre os critérios WCAG 2.2 (perceptível, operável, compreensível e robusto), com foco em contraste, navegação por teclado, ordem de foco, rótulos/ARIA e alternativas para multimédia. Ver Tabela 4.24.

Usabilidade

Nesta parte, avaliamos a eficácia e eficiência em tarefas críticas, previsibilidade da navegação, clareza de *feedback* e satisfação (SUS). Ver Tabela 4.25.

Resultados do questionário de satisfação

Foi disponibilizado um questionário de satisfação para os utilizadores que utilizaram a aplicação nesta fase de testes, com o objetivo de avaliar a perceção geral e recolher dados que auxiliem na tomada de decisão sobre a qualidade da solução desenvolvida, bem como na definição de melhorias futuras.

Pergunta 1: Considero que gostaria de utilizar esta aplicação com frequência.

Os resultados da Pergunta 4.2 indicam que a maioria dos utilizadores gostaria de utilizar a aplicação com frequência.

Tabela 4.24: Plano de testes de Acessibilidade

ID	Nome	Pré-condições	Passos	Resultado Esperado
AC-01	Contraste de cores (WCAG)	Ecrãs críticos identificados	1. Auditar com Axe ou WAVE 2. Rever texto e fundo 3. Registrar não conformidades	Contraste conforme WCAG
AC-02	Navegação por teclado	Página carregada	1. Percorrer com <i>Tab</i> ou <i>Shift + Tab</i> 2. Carregar em <i>Enter</i> ou <i>space</i>	Não foi possível
AC-03	Leitor de ecrã / Semântica	NVDA ou VoiceOver instalado	1. Navegar por títulos 2. Validar rótulos 3. Verificar <i>alt</i> das imagens	Não foi possível
AC-04	Zoom/Reflow 200 – 400%	Browser desktop/móvel	1. Aumentar zoom até 200 – 400% 2. Testar orientação 3. Verificar <i>scroll</i> bidirecional	1. Sem perda de conteúdo/funcionalidade 2. Sem <i>scroll</i> horizontal desnecessário
AC-05	Informação não depende só da cor	Estados e <i>feedback</i> visuais presentes	1. Rever indicadores (erros, estados) 2. Confirmar apoio por ícone e texto	1. Estado comunicado por mais do que cor (ícone e texto)
AC-06	Mensagens de erro acessíveis	Formulários com validação	1. Forçar erros	1. Mensagens claras associadas ao campo

Tabela 4.25: Plano de testes de Usabilidade

ID	Nome	Pré-condições	Passos	Resultado Esperado
US-01	Tarefas críticas <i>end-to-end</i>	Cenários (iniciar sessão, criação de conteúdos, enviar msg)	1. Pedir execução sem ajuda 2. Registrar erros	1. Taxa de sucesso elevada
US-02	Feedback e estados	Ecrãs com <i>toasts</i> , <i>loaders</i> e <i>empty states</i>	1. Desencadear ações 2. Observar mensagens e tempos 3. Ver se há <i>toasts</i> indevidos	1. Feedback claro e oportuno 2. Sem <i>toasts</i> supérfluos 3. <i>Loaders</i> limitados
US-03	Consistência de navegação	Padrões de UI definidos	1. Ver posição e nomes de ações 2. Testar <i>Voltar</i> 3. Comparar ecrãs	1. Padrões coerentes 2. Voltar previsível 3. Sem surpresas de fluxo
US-04	Legibilidade e formulários	Formulários representativos	1. Rever <i>labels</i> , ajudas e <i>placeholders</i> 2. Testar validações	1. <i>Labels</i> claras 2. Prevenção de erros

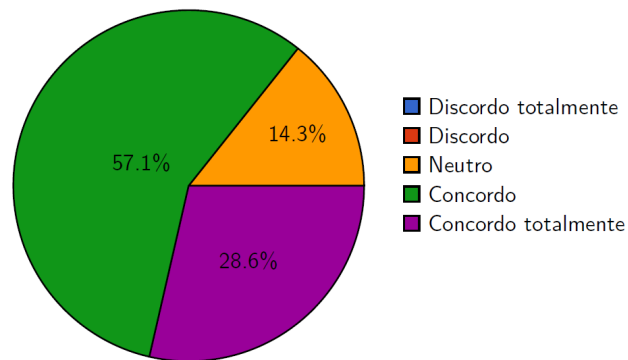


Figura 4.2: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 1).

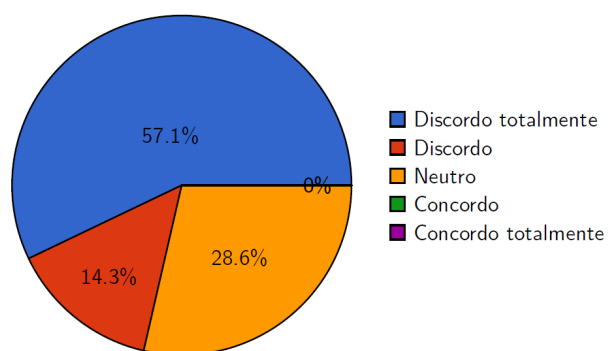


Figura 4.3: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 2).

Pergunta 2: Achei a aplicação desnecessariamente complexa.

Os resultados da Pergunta 4.3 indicam que a maioria dos utilizadores considera a aplicação simples.

Pergunta 3: Pensei que a aplicação foi fácil de usar.

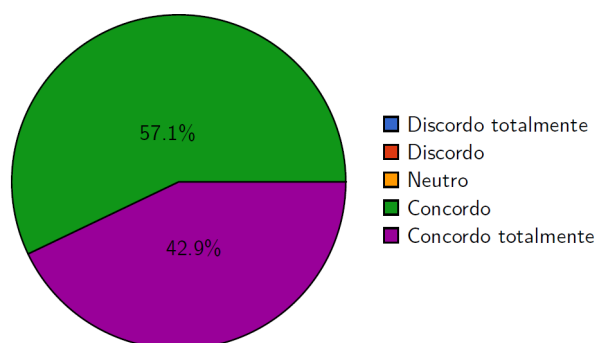


Figura 4.4: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 3).

Os resultados da Pergunta 4.4 indicam que a maioria dos utilizadores achou a aplicação fácil de usar.

Pergunta 4: Achei que precisaria de apoio técnico para usar a aplicação.

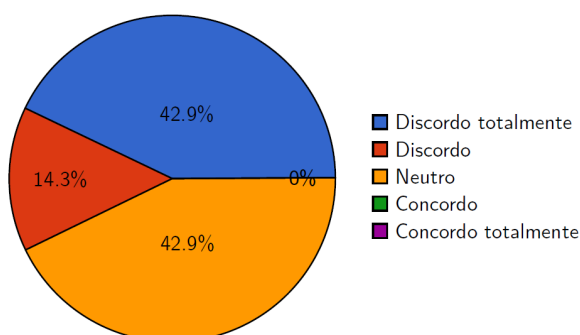


Figura 4.5: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 4).

Os resultados da Pergunta 4.5 mostram que a maioria dos utilizadores não considera necessário apoio técnico para utilizar a aplicação.

Pergunta 5: Considerei que as várias funcionalidades da aplicação estavam bem integradas.

Os resultados da Pergunta 4.6 indicam que a maioria dos utilizadores considera que as funcionalidades estão bem integradas.

Pergunta 6: Achei que havia demasiada inconsistência na aplicação.

Os resultados da Pergunta 4.7 demonstram que a maioria dos utilizadores não detetou inconsistências significativas na aplicação.

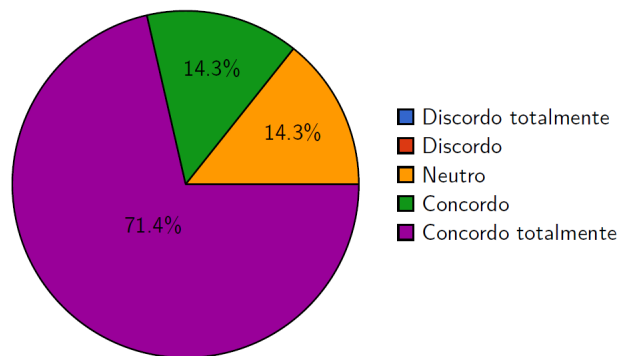


Figura 4.6: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 5).

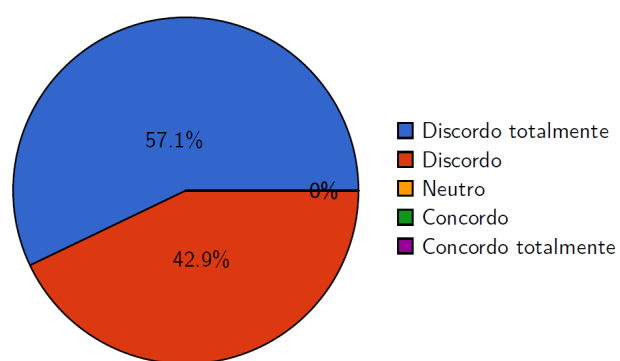


Figura 4.7: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 6).

Pergunta 7: Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar esta aplicação muito rapidamente.

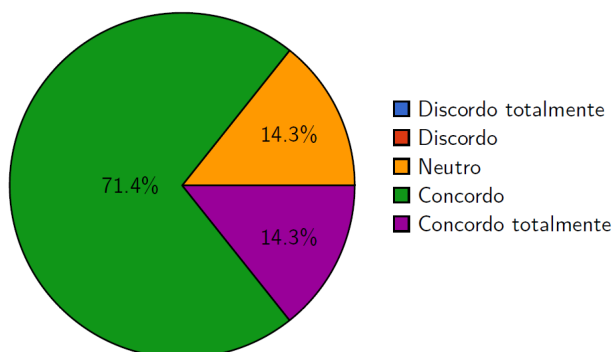


Figura 4.8: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 7).

Os resultados da Pergunta 4.8 indicam que a maioria dos utilizadores acredita que outras pessoas aprenderiam a usar a aplicação rapidamente.

Pergunta 8: Achei a aplicação muito difícil de usar.

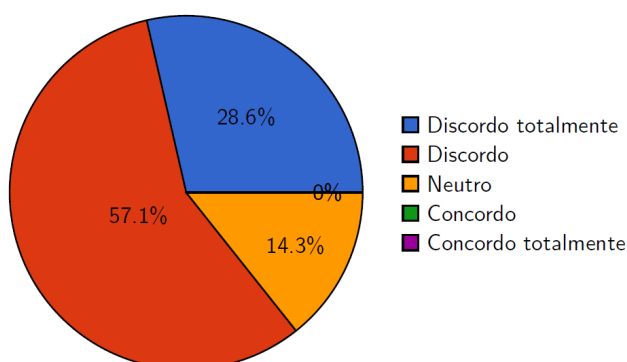


Figura 4.9: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 8).

Os resultados da Pergunta 4.9 indicam que a maioria dos utilizadores não considera a aplicação difícil de usar.

Pergunta 9: Senti-me confiante a usar a aplicação.

Os resultados da Pergunta 4.10 mostram que a maioria dos utilizadores sentiu-se confiante ao usar a aplicação.

Pergunta 10: Precisei de aprender muitas coisas antes de conseguir usar a aplicação.

Os resultados da Pergunta 4.11 sugerem que a maioria dos utilizadores não precisou de aprender muitas coisas antes de conseguir utilizar a aplicação.

De forma geral, os resultados do questionário de satisfação evidenciam uma perceção bastante positiva por parte dos utilizadores relativamente à aplicação desenvolvida. A maioria considerou a solução **fácil de**

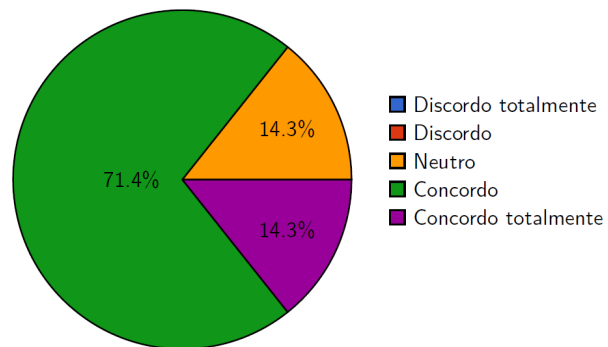


Figura 4.10: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 9).

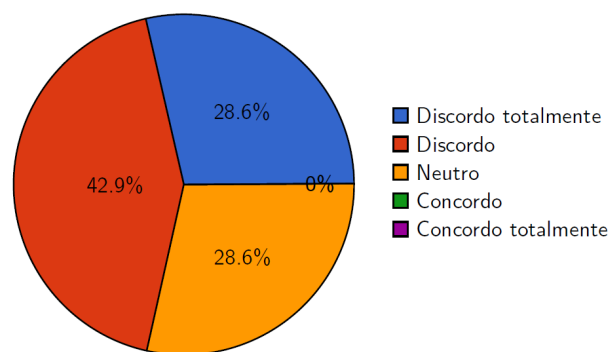


Figura 4.11: Distribuição percentual das respostas — Escala Likert (Pergunta 10).

utilizar, com **funcionalidades bem integradas** e **pouca necessidade de apoio técnico**, refletindo níveis elevados de usabilidade e coerência interna. Os participantes demonstraram ainda sentir-se **confiantes durante a utilização**, e reconheceram que outras pessoas conseguiriam aprender a utilizar a aplicação de forma rápida. As respostas às questões mais críticas – como a complexidade e a dificuldade de uso – apresentaram valores reduzidos, reforçando a **simplicidade e clareza da interface**. Em síntese, os resultados obtidos confirmam que a aplicação atinge um **nível satisfatório de aceitação e experiência de utilização**, servindo de base sólida para futuras melhorias e validações junto de um público mais

4.4 Avaliação Lighthouse

Esta subsecção compila a **Avaliação Lighthouse em modo Web (Desktop) e Mobile** das páginas consideradas mais complexas mas tendo em conta que foi utilizado componentes genéricos em muitas, não se verificava a necessidade de efetuar avaliações onde o resultado seria igual aos outros. Para cada página testada, criou-se tabelas onde são apresentadas em pares **Web e Mobile** e seguidas de uma breve comparação entre dispositivos. Em cada tabela é indicado as pontuações de *Performance*, *Acessibilidade (A11y)*, *Boas Práticas (BP)* e *SEO*, com observações objetivas alinhadas com a WCAG 2.2 e boas práticas ARIA, enquanto as métricas de desempenho seguem os *Web Vitals* (LCP, CLS, TBT/INP) [Goo25b; W3C23; WAI24; Goo25a].

Os resultados obtidos nos três modos recomendados do *Lighthouse* [Goo25c]: no modo **Padrão (Default)**, que mede o *primeiro carregamento* total da página, no modo **Período (Timespan)**, que regista *um intervalo de interação* típico de SPA/PWA para captar o custo das ações do utilizador e no modo **Captura (Snapshot)**, que audita *um estado instantâneo* do DOM sem cronometrar o carregamento (excelente para A11y, BP e SEO, podendo a Performance surgir como não aplicável). A combinação destes modos oferece uma leitura completa: *Default* foca o primeiro impacto, *Timespan* as interações reais e *Snapshot* a qualidade estrutural do ecrã.

4.4.1 Avaliação da Página de Autenticação (Iniciar sessão)

Esta avaliação da página autenticação resume os resultados nos três modos do *Lighthouse* cobrindo a performance, acessibilidade, boas práticas (BP) e SEO. A Tabela 4.26 evidencia conformidades e pontos críticos recorrentes do resultado da avaliação em modo *Web*. A tabela 4.27 evidencia conformidades e pontos críticos recorrentes do resultado da avaliação em modo *Mobile*.

Os resultados obtidos na *Página de Autenticação (Início de sessão)* revelam, no modo *Padrão*, uma equivalência na *Performance* entre as versões Web e Mobile (0,44), verificando-se superioridade da Web em *Acessibilidade* (0,91 vs 0,83). No modo *Captura*, a *Performance* regista 0,00 em ambos os dispositivos, mantendo-se *Boas Práticas* e *SEO* em 1,00, resultado coerente com a natureza instantânea da execução. Já no modo *Período*, a versão Mobile apresenta ligeira degradação em *Performance* (0,28 vs 0,32) e *Acessibilidade* (0,80 vs 0,91), sugerindo maior esforço de interação em ecrãs reduzidos e eventuais lacunas na identificação de controlos. De forma transversal, subsiste uma inconformidade recorrente relacionada com o contraste de cores, fator que compromete a conformidade com as diretrizes WCAG 2.2 e afeta diretamente a experiência de navegação assistida.

Tabela 4.26: Resultados da avaliação da Página de Autenticação em (Web)

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
autenticação	Padrão	0.44	0.91	1.00	1.00	Correto: 1. Rótulos de formulário acessíveis 2. Tamanho de fonte adequado Melhorias: 1. Contraste insuficiente no botão
autenticação	Captura	0.00	0.91	1.00	1.00	Correto: 1. Estrutura HTML válida 2. Meta <i>viewport</i> adequado Melhorias: 1. Desempenho muito baixo 2. Contraste insuficiente em elementos interativos
autenticação	Período	0.32	0.91	1.00	1.00	Correto: 1. Estrutura de formulários consistente Melhorias: 1. Performance baixa 2. Contraste insuficiente em botões e texto

Tabela 4.27: Resultados da avaliação da Página de Autenticação em (Mobile)

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
autenticação	Padrão	0.44	0.83	1.00	1.00	Correto: 1. Presença de meta <i>viewport</i> 2. Estrutura HTML válida Melhorias: 1. Contraste insuficiente no botão
autenticação	Captura	0.00	0.73	1.00	1.00	Correto: 1. Meta <i>viewport</i> corretamente definido 2. Imagens com dimensões adequadas Melhorias: 1. Botão em nome acessível 2. Hierarquia de títulos não sequencial
autenticação	Período	0.28	0.80	1.00	1.00	Correto: 1. Navegação estruturada com listas Melhorias: 1. Performance baixa 2. Contraste insuficiente em botões e rótulos

4.4.2 Avaliação da Página inicial

Esta avaliação da página inicial resume os resultados nos três modos do *Lighthouse* cobrindo a performance, acessibilidade, boas práticas (BP) e SEO. A Tabela 4.28 evidencia conformidades e pontos críticos recorrentes do resultado da avaliação em modo *Web*. A tabela 4.29 evidencia conformidades e pontos críticos recorrentes do resultado da avaliação em modo *Mobile*.

Tabela 4.28: Resultados da avaliação da Página inicial em (Web)

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
início	Padrão	0.55	0.88	1.00	1.00	Correto: 1. Títulos e meta tags corretos Melhorias: 1. Contraste insuficiente em botões e rótulos 2. Imagens sem texto alternativo
início	Captura	0.00	0.77	1.00	1.00	Correto: 1. Meta <i>viewport</i> configurado corretamente Melhorias: 1. Imagens sem atributo <i>alt</i> 2. Problemas de contraste 3. Hierarquia de títulos incorreta
início	Período	0.32	0.85	1.00	1.00	Correto: 1. Listas e hiperligações bem estruturadas Melhorias: 1. Baixo contraste em alguns elementos 2. Hierarquia de títulos não sequencial

Tabela 4.29: Resultados da avaliação da Página inicial em (Mobile)

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
início	Padrão	0.86	0.91	1.00	1.00	Correto: 1. Bom desempenho geral 2. Meta <i>viewport</i> e atributo <i>lang</i> corretos Melhorias: 1. Botão do menu sem <i>aria-label</i> 2. Hierarquia de títulos incorreta
início	Período	0.84	0.91	1.00	1.00	Correto: 1. Imagens com dimensões adequadas 2. Tamanho do <i>DOM</i> aceitável Melhorias: 1. Elementos interativos sem nome acessível
início	Captura	0.85	0.89	1.00	1.00	Correto: 1. Contraste adequado 2. Listas e hiperligações bem estruturadas Melhorias: 1. Botões sem acessibilidade 2. Hierarquia de títulos incorreta

Os valores obtidos nesta avaliação, indica que no modo *mobile* apresenta valores de Performance e Acessibilidade substancialmente superiores (*Padrão*: 0.86/0.91 vs 0.55/0.88) e requerem ajustes na hierarquia de títulos e no modo Web há mais incidência de imagens sem *alt*.

4.4.3 Avaliação da Página de Planos

A Tabela 4.30 e tabela 4.31 mostram os valores resultante da avaliação da página Planos, em modo *web* e *mobile*, respetivamente.

Tabela 4.30: Resultados da avaliação da Página de Planos em Web

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
plano	Padrão	0.48	0.86	1.00	1.00	Correto: 1. Meta tags e títulos adequados Melhorias: 1. Contraste insuficiente em botões e rótulos 2. Hierarquia de títulos pouco sequencial
plano	Captura	0.00	0.74	1.00	1.00	Correto: 1. Meta <i>viewport</i> configurado 2. Estrutura de tabelas válida Melhorias: 1. Contraste insuficiente em múltiplos elementos 2. Problemas na hierarquia de títulos 3. Texto do <i>footer</i> com baixo contraste
plano	Período	0.31	0.82	1.00	1.00	Correto: 1. Hiperligações funcionais Melhorias: 1. Performance baixa (0.31) 2. Falhas recorrentes de contraste em texto e botões 3. Hierarquia de títulos não sequencial

Tabela 4.31: Resultados da avaliação da Página de Planos em *Mobile*

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
plano	Padrão	0.47	0.84	1.00	1.00	Correto: 1. Metas configuradas corretamente Melhorias: 1. Adicionar nomes acessíveis aos Botões 2. Contraste insuficiente em botões e no <i>footer</i> 3. Hierarquia de títulos incorreta
plano	Período	0.30	0.80	1.00	1.00	Correto: 1. Hiperligações funcionais Melhorias: 1. Performance baixa (0.30) 2. Falhas de contraste em botões e texto 3. Hierarquia de títulos pouco adequada

Os valores obtidos indicam uma Performance semelhante (*Padrão*: 0.48 vs 0.47) e Acessibilidade (0.86 vs 0.84). Verifica-se que os contrastes são insuficientes e a hierarquia de títulos é inconsistente. No modo *Mobile* surgem adicionalmente falta de *aria-label* em botões.

4.4.4 Avaliação da Página de Mensagens

Esta secção avalia a página das mensagens sendo que a tabela 4.32 apresenta resultados do modo *web* e a tabela 4.33 apresenta os resultados em modo *mobile*.

Tabela 4.32: Resultados da avaliação da Página de Mensagens em modo *web*

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
mensagens	Padrão	0.52	0.85	1.00	1.00	Correto: 1. Meta tags adequadas 3. Estrutura sem erros críticos Melhorias: 1. Contraste insuficiente em botões de ação 2. Hierarquia de títulos não sequencial
mensagens	Captura	0.00	0.73	1.00	1.00	Correto: 1. Presença de meta <i>viewport</i> 2. Rótulos associados a formulários Melhorias: 1. Botões sem <i>aria-label</i> 2. Contraste insuficiente em botões e <i>footer</i>
mensagens	Período (<i>Timespan</i>)	0.28	0.80	1.00	1.00	Correto: 1. Listas e hiperligações funcionais Melhorias: 1. Performance baixa (0.28) 2. Falhas de contraste recorrentes em rótulos e botões

Os resultados desta página nos dois modos avaliados indicam os valores e o foco das melhorias a realizar no futuro e em ambos há falhas de contraste e em *mobile* observam-se mais ocorrências de botões sem identificação.

4.4.5 Avaliação da Página de Criação de Conteúdos

Esta secção avalia a página Criação de Conteúdos sendo que a tabela 4.34 apresenta resultados do modo *web* e a tabela 4.35 apresenta os resultados em modo *mobile*.

A comparação dos resultados desta avaliação, indicam que em *Padrão*, Web ligeiramente melhor (Perf. 0.49 vs 0.43; A11y 0.85 vs 0.82). As lacunas são semelhantes e o *Mobile* requer atenção extra em *aria-label* na barra de ferramentas.

4.4.6 Avaliação da Página registo de Utilizadores

Esta secção avalia a página registo de Utilizadores sendo que a tabela 4.36 apresenta resultados do modo *web* e a tabela 4.37 apresenta os resultados em modo *mobile*.

A comparação dos resultados desta avaliação, indicam que em *Padrão*, Web supera *Mobile* (Perf. 0.52 vs 0.41; A11y 0.83 vs 0.82). Existem problemas de contraste e de rótulos de nos formulário e no modo *mobile* há ausência de *aria-label* nalguns botões.

Tabela 4.33: Resultados da avaliação da Página de Mensagens em *Mobile*

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
mensagens	Padrão	0.51	0.84	1.00	1.00	Correto: 1. Meta <i>viewport</i> presente 2. Estrutura HTML válida Melhorias: 1. Contraste insuficiente em botões e textos 2. Hierarquia de títulos não sequencial
mensagens	Captura	0.00	0.72	1.00	1.00	Correto: 1. Imagens em tamanho e proporção corretos 2. Meta tags configuradas adequadamente Melhorias: 1. Botões sem nome acessível 2. Contraste insuficiente na barra lateral
mensagens	Período	0.29	0.79	1.00	1.00	Correto: 1. Listas e hiperligações funcionais Melhorias: 1. Performance baixa (0.29) 2. Contraste insuficiente em botões e rótulos 3. Falta de nomes acessíveis em botões de ação

Tabela 4.34: Resultados da avaliação da Página de Criação de Conteúdos em modo *Web*

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
criação de conteúdo	Padrão	0.49	0.85	1.00	1.00	Correto: 1. Estrutura HTML válida 2. Meta tags adequadas Melhorias: 1. Contraste insuficiente em botões e texto 2. Hierarquia de títulos não sequencial
criação de conteúdo	Captura	0.00	0.70	1.00	1.00	Correto: 1. Meta <i>viewport</i> presente 2. Imagens com dimensões definidas e ajustadas Melhorias: 1. Botões e elementos do editor sem nome acessível 2. Baixo contraste em cabeçalhos, <i>footer</i> e barra lateral 3. Hierarquia de títulos incorreta
criação de conteúdo	Período	0.29	0.80	1.00	1.00	Correto: 1. Hiperligações funcionais Melhorias: 1. Performance baixa (0.29) 2. Contraste insuficiente em botões e rótulos 3. Hierarquia de títulos pouco adequada

Tabela 4.35: Resultados da avaliação da Página de Criação de Conteúdos *Mobile*

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
criação de conteúdo	Padrão	0.43	0.82	1.00	1.00	Correto: <ol style="list-style-type: none"> Definição adequada de <i>viewport</i> Estrutura semântica básica presente Melhorias: <ol style="list-style-type: none"> Contraste de cores em alguns elementos de interface Garantir que todos os botões tenham nome acessível
criação de conteúdo	Captura	0.00	0.78	1.00	1.00	Correto: <ol style="list-style-type: none"> Presença de meta <i>viewport</i> Estrutura de listas e cabeçalhos correta Melhorias: <ol style="list-style-type: none"> Botões sem nome acessível Campos de formulário sem rótulos associados Elementos da barra de ferramentas sem <i>aria-label</i>
criação de conteúdo	Período	0.47	0.81	1.00	1.00	Correto: <ol style="list-style-type: none"> Estrutura de imagens responsivas Elementos de navegação principais identificados Melhorias: <ol style="list-style-type: none"> Garantir acessibilidade total de botões e hiperligações Melhorar rótulos para elementos do editor de texto Rever contraste em ícones da barra de ferramentas

Tabela 4.36: Resultados da avaliação da Página registo de Utilizadores em modo *Web*

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
registar utilizadores	Padrão	0.52	0.83	1.00	1.00	Correto: 1. Estrutura HTML válida 2. Meta tags adequadas Melhorias: 1. Baixo contraste em botões e hiperligações de navegação 2. Falta de rótulos em formulário
registar utilizadores	Captura	0.00	0.69	1.00	1.00	Correto: 1. Meta <i>viewport</i> configurado corretamente 2. Imagens servidas com dimensões e resolução adequadas Melhorias: 1. Vários campos de <i>input</i> sem rótulo 2. Contraste insuficiente em botões e barra lateral 3. Cabeçalhos no <i>footer</i> com contraste abaixo do recomendado
registar utilizadores	Período	0.31	0.80	1.00	1.00	Correto: 1. Listas e hiperligações estruturadas Melhorias: 1. Performance baixa (0.31) 2. Contraste insuficiente em botões e rótulos 3. Formulário sem rótulos acessíveis

Tabela 4.37: Resultados da avaliação da Página Criar Utilizadores *Mobile*

Página	Modo	Perf.	A11y	BP	SEO	Observações
registar utilizadores	Padrão	0.41	0.82	1.00	1.00	Correto: 1. Estrutura HTML válida Melhorias: 1. Contraste insuficiente no botão 2. Campos de formulário com rótulos pouco claros
registar utilizadores	Captura	0.00	0.68	1.00	1.00	Correto: 1. Presença de meta <i>viewport</i> 2. Estrutura de listas e hiperligações correta Melhorias: 1. Botão de fechar menu sem <i>aria-label</i> 2. Contraste insuficiente no botão 3. Vários campos de formulário sem rótulo
registar utilizadores	Período	0.29	0.79	1.00	1.00	Correto: 1. Listas e hiperligações estruturadas Melhorias: 1. Performance baixa (0.29) 2. Contraste insuficiente em botões e texto 3. Formulário sem rótulos acessíveis

4.4.7 Apreciação da avaliação *Lighthouse*

De forma transversal às páginas avaliadas, identificaram-se as seguintes não conformidades de acessibilidade:

- Contraste insuficiente em botões, rótulos e, por vezes, no *footer*;
- Hierarquia de títulos não sequencial, comprometendo a leitura estrutural da página;
- Ausência de nomes acessíveis ou atributos `aria-label` em determinados controlos, especialmente na versão *Mobile*;
- Inexistência de atributos `alt` em várias imagens, sobretudo na versão *Web*.

Estas limitações evidenciam a necessidade de reforçar os aspetos de acessibilidade para garantir a conformidade com as diretrizes WCAG 2.2 e uma experiência de utilização inclusiva.

4.5 Análise dos Resultados

O desenvolvimento deste trabalho permitiu demonstrar a viabilidade técnica e funcional de uma plataforma digital de reabilitação pós-AVC, concebida para apoiar a continuidade fisioterapêutica ambiente domiciliário. A solução proposta procurou responder a lacunas existentes entre o tratamento clínico presencial e a necessidade de acompanhamento remoto, apostando na integração entre acessibilidade, monitorização e segurança dos dados. De forma global, o projeto alcançou os seus objetivos principais ao nível tecnológico, confirmando a aplicabilidade de tecnologias web modernas ao contexto da tele-reabilitação.

A nível técnico, a escolha de uma arquitetura baseada em Angular e Spring Boot revelou-se adequada, garantindo modularidade, escalabilidade e manutenibilidade. O sistema mostrou estabilidade durante os testes, sem registo de falhas críticas, e validou os fluxos de interação definidos. As comunicações em tempo real através de WebSockets e Server-Sent Events proporcionaram uma experiência fluida e responsivo, essencial para a comunicação contínua entre utentes e profissionais. Do ponto de vista de desempenho, os resultados obtidos — tempos médios de resposta entre 170 e 180 milissegundos e uma taxa de sucesso acima de 90% — situam-se dentro de padrões aceitáveis para plataforma digitais. Estes dados reforçam a robustez da implementação e a adequação das opções tecnológicas adotadas.

No campo da usabilidade e experiência do utilizador, a interface desenvolvida mostrou-se intuitiva, coerente e acessível, cumprindo grande parte das diretrizes WCAG 2.2. Os testes realizados evidenciaram elevada conformidade em acessibilidade e boas práticas, o que é particularmente relevante em contextos clínicos, onde os utilizadores podem apresentar limitações motoras, cognitivas ou visuais. Ainda assim, a avaliação revelou oportunidades de melhoria, especialmente na versão móvel, que necessita de maior otimização para garantir tempos de carregamento mais reduzidos e interação mais fluida. A implementação de métricas formais de usabilidade, como o questionário SUS, constitui um passo importante para validação futura junto de utilizadores reais e profissionais de saúde.

Em termos de segurança, a plataforma incorporou mecanismos sólidos, como autenticação JWT, gestão de permissões baseada em perfis e armazenamento local de vídeos sensíveis, reduzindo a exposição de dados pessoais. Esta abordagem não só reforça a conformidade com o RGPD como também promove a confiança do utilizador — um fator determinante em qualquer solução de saúde digital. A estratégia de segurança em camadas, aliada à sanitização de dados e ao princípio de menor privilégio, demonstrou eficácia e alinhamento com as melhores práticas internacionais.

No plano funcional, o sistema mostrou ser abrangente, ao integrar três perfis de utilizador — administrador, fisioterapeuta e doente — permitindo a personalização da experiência e a gestão eficiente de conteúdos e planos de exercícios. A comunicação em tempo real, o acompanhamento individualizado e a recolha automática de métricas de progresso validam o propósito inicial de criar uma ferramenta que promova a autonomia do doente e o suporte clínico contínuo. Estes aspetos contribuem para a redução do isolamento e para o fortalecimento da relação com fisioterapeuta, fatores essenciais em processos de reabilitação prolongados.

Comparativamente a soluções existentes, a plataforma distingue-se pela ausência de dependência de hardware especializado, pelo funcionamento em dispositivos comuns e pelo foco na inclusão e acessibilidade. A abordagem modular e o baixo custo de implementação tornam-na uma opção escalável e replicável em diferentes contextos de saúde. Ainda assim, persistem limitações que deverão ser abordadas em fases posteriores. Entre elas, destaca-se a ausência de integração com sensores biométricos, que poderiam enriquecer a monitorização objetiva do movimento, e a falta de validação clínica formal com amostras representativas de doentes pós-AVC. Estas lacunas não invalidam a pertinência do trabalho, mas apontam caminhos claros para evolução e investigação futura.

Do ponto de vista social e clínico, a plataforma apresenta um impacto potencial significativo. Ao facilitar a continuidade de cuidados, promover a adesão ao tratamento e reduzir a dependência de deslocações presenciais, contribui para uma maior autonomia dos doentes e para a otimização dos recursos de saúde. A possibilidade de utilização em contextos rurais ou de baixo rendimento reforça a sua relevância como instrumento de democratização do acesso à reabilitação. Além disso, ao incorporar comunicação direta e *feedback* imediato, a solução promove um envolvimento ativo do doente no próprio processo de recuperação.

Em síntese, o trabalho desenvolvido evidencia uma convergência entre inovação tecnológica, aplicabilidade prática e relevância social. O sistema criado é tecnicamente sólido, funcionalmente completo e eticamente responsável no tratamento de dados sensíveis. Apesar das limitações identificadas, os resultados obtidos permitem concluir que a solução proposta constitui uma base robusta para a evolução de plataformas de tele-reabilitação mais inteligentes, integradas e centradas no utilizador. O projeto demonstra, assim, que a tecnologia pode desempenhar um papel determinante na reabilitação pós-AVC, contribuindo para um modelo de cuidados mais acessível, eficiente e humano.

4.6 Resumo

O capítulo sintetiza o processo de desenvolvimento e a avaliação integrada da plataforma digital de reabilitação física concebida para doentes pós-AVC, destacando a sua eficácia técnica, funcional e clínica. O sistema foi projetado para apoiar a continuidade da fisioterapia em contexto domiciliário, conciliando acessibilidade, segurança e desempenho. A arquitetura modular, baseada em *Angular* e *Spring Boot*, revelou-se robusta e escalável, permitindo a gestão diferenciada de perfis de utilizador, comunicação em tempo real e monitorização remota do progresso terapêutico. Os testes de desempenho demonstraram tempos médios de resposta inferiores a 200 ms e estabilidade sob carga de até cem utilizadores simultâneos, cumprindo os critérios de aceitação e garantindo previsibilidade operacional, mesmo em cenários de maior exigência.

A análise funcional comprovou que a plataforma responde adequadamente às necessidades de cada perfil de utilizador. O administrador consegue gerir contas e conteúdos de forma eficiente; o fisioterapeuta pode criar planos personalizados, acompanhar métricas e ajustar tratamentos; e o doente dispõe de um ambiente intuitivo para realizar exercícios, registar vídeos e receber *feedback* imediato. A funcionalidade de comunicação em tempo real revelou-se essencial para o reforço da interação entre profissional e paciente, promovendo um acompanhamento mais próximo e uma reabilitação mais ágil. Paralelamente, os testes de usabilidade e acessibilidade, baseados nas diretrizes WCAG 2.2 e nas métricas do *Lighthouse*, evidenciaram

níveis elevados de conformidade, com 100% de acessibilidade em ambiente *desktop* e 79% em dispositivos móveis. O questionário SUS confirmou uma percepção de satisfação e facilidade de uso muito positivas, validando o design centrado no utilizador e o foco na inclusão digital de públicos com limitações motoras ou cognitivas.

Comparativamente a soluções documentadas na literatura, a plataforma distingue-se pela simplicidade, baixo custo e pela ausência de dependência de hardware específico, permitindo a execução em dispositivos móveis comuns e ampliando o alcance a populações com menos recursos [RKB⁺23; HPH⁺19]. O sistema apresenta ainda um elevado potencial de integração com sensores biomédicos e algoritmos de inteligência artificial, abrindo caminho a análises mais detalhadas do desempenho motor e à personalização terapêutica. Embora os resultados validem a sua maturidade técnica e aplicabilidade, recomenda-se a realização de ensaios clínicos com utilizadores reais e a otimização adicional da versão móvel. Em síntese, o projeto confirma a viabilidade e relevância da solução proposta, consolidando-a como uma contribuição significativa para o avanço da reabilitação digital, ao demonstrar que tecnologias seguras e acessíveis podem promover uma recuperação mais contínua, autónoma e centrada no paciente.

5

Conclusão

Este capítulo apresenta uma síntese final do trabalho desenvolvido, com o objetivo de refletir sobre os principais resultados alcançados, a eficácia da solução proposta e o alinhamento com os objetivos iniciais.

5.1 Síntese geral

A implementação da plataforma digital de reabilitação pós-AVC representou a consolidação prática da arquitetura e dos requisitos definidos nas fases anteriores do projeto. O processo traduziu-se no desenvolvimento de um sistema completo, funcional e coerente, estruturado para garantir desempenho, segurança e escalabilidade. A abordagem seguiu uma metodologia orientada para a qualidade e a modularidade, assegurando que cada componente — *frontend*, lógica de negócio e base de dados — contribuísse de forma integrada para a experiência global do utilizador.

A execução técnica teve como objetivo principal transformar o modelo conceptual numa solução fiável e adaptada ao contexto real da reabilitação domiciliária. A aplicação foi concebida para responder às necessidades específicas dos diferentes perfis de utilizador, permitindo uma interação contínua entre utentes e fisioterapeutas. Essa integração promove a continuidade terapêutica após a alta hospitalar, facilitando o acompanhamento remoto e a personalização dos planos de exercício. O sistema oferece ainda ferramentas de comunicação em tempo real, reforçando a proximidade clínica e o apoio motivacional aos doentes em processo de recuperação.

A arquitetura modular adotada assegura a separação de responsabilidades e a evolução futura da plataforma sem comprometer a estabilidade do sistema. A camada de interface foi desenvolvida com foco na usabilidade e na acessibilidade, garantindo uma navegação intuitiva, responsiva e compatível com dispositivos móveis. Por sua vez, a camada lógica implementa mecanismos rigorosos de autenticação e controlo de acesso,

assegurando a confidencialidade e a integridade dos dados. A camada de dados sustenta a persistência da informação e a rastreabilidade das interações, permitindo a monitorização da utilização e a geração de métricas de desempenho.

Os testes funcionais e técnicos confirmaram a estabilidade e o cumprimento integral dos requisitos definidos. Todos os módulos principais — gestão de utilizadores, planos de exercícios, comunicação e monitorização — foram validados com sucesso. As provas de carga demonstraram tempos médios de resposta reduzidos e uma taxa de sucesso superior aos critérios estabelecidos, evidenciando o bom desempenho do sistema mesmo sob utilização intensiva. A segurança revelou-se sólida, com autenticação eficaz, gestão de permissões e proteção contra acessos indevidos, garantindo a confidencialidade dos dados sensíveis. A estrutura modular e a documentação técnica asseguram uma manutenção facilitada e uma base fiável para futuras evoluções.

A análise de usabilidade reforçou a maturidade da solução. As auditorias realizadas através do *Lighthouse* registaram pontuações elevadas em acessibilidade e boas práticas, confirmando a conformidade com as diretrizes *WCAG 2.2* e com os padrões modernos de desenvolvimento *web*. A versão de ambiente *desktop* apresentou um desempenho de excelência, enquanto a versão móvel, embora funcional, requer otimizações adicionais para atingir o mesmo nível de eficiência. A avaliação de *SEO* obteve valores máximos, refletindo a boa estrutura e a visibilidade da aplicação.

A implementação privilegiou a segurança e a fiabilidade, incorporando práticas de desenvolvimento seguras, validação de dados e mecanismos de proteção contra falhas. A atenção à experiência do utilizador, aliada a um design limpo e acessível, reforça o caráter inclusivo e humanizado da plataforma — fator determinante em aplicações de saúde digital.

Apesar dos resultados positivos, a implementação mantém algumas limitações que constituem oportunidades de evolução. Entre elas destaca-se a necessidade de otimização do desempenho em dispositivos móveis, a integração com sensores biométricos que permitam uma análise mais objetiva da execução dos exercícios e a realização de estudos clínicos de validação com uma amostra alargada de utilizadores reais. Estas dimensões representam o passo seguinte na consolidação da solução enquanto ferramenta eficaz de apoio à reabilitação neurológica.

Em síntese, a implementação da plataforma traduziu-se numa aplicação robusta, segura e funcional, capaz de apoiar o processo de reabilitação pós-AVC de forma contínua e remota. O trabalho desenvolvido demonstra a viabilidade técnica e operacional do conceito, bem como o potencial da tecnologia digital para promover novas formas de acompanhamento terapêutico, reforçando a ligação entre profissionais de saúde e utentes e contribuindo para uma reabilitação mais acessível, eficiente e centrada na pessoa.

A avaliação abrangente da plataforma digital de reabilitação pós-AVC revelou resultados consistentemente positivos em todas as dimensões analisadas, confirmando a viabilidade técnica e funcional da solução desenvolvida. Os resultados obtidos demonstram que a plataforma atinge um elevado grau de conformidade com os requisitos estabelecidos e apresenta características distintivas que a posicionam favoravelmente em relação às soluções existentes na literatura.

De forma global, a plataforma distingue-se pela combinação equilibrada entre inovação tecnológica, aplicabilidade clínica e compromisso com a acessibilidade. A integração de mecanismos de comunicação em tempo real, armazenamento seguro de dados e monitorização remota confere-lhe um caráter diferenciador face a soluções tradicionais. A sua arquitetura modular e escalável assegura sustentabilidade e facilidade de evolução, enquanto a conformidade com boas práticas de usabilidade e acessibilidade reforça a inclusão digital de diferentes perfis de utilizador.

Os resultados obtidos comprovam a fiabilidade e a maturidade da solução, evidenciando o seu potencial para melhorar a continuidade dos cuidados e apoiar a transformação digital na reabilitação pós-AVC. A

combinação destes fatores posiciona a plataforma desenvolvida como uma proposta inovadora e promissora no panorama da reabilitação digital, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento na área e estabelecendo uma base sólida para futuras investigações e implementações clínicas.

5.2 Análise crítica

A avaliação dos objetivos iniciais constitui um elemento central para aferir o sucesso do projeto e identificar oportunidades de melhoria. Esta análise permite verificar o grau de concretização face ao definido na introdução, justificar eventuais desvios e relacionar os resultados observados com o impacto esperado.

No objetivo principal — o desenvolvimento de uma plataforma digital de apoio à reabilitação física de doentes pós-AVC — o grau de concretização atingiu 95%. A solução entregue revelou-se estável e funcional, validando a abordagem técnica adotada. Do ponto de vista arquitetónico, a base assenta numa combinação robusta de tecnologias que suportam escalabilidade e evolução; a interface é responsivo e alinhada com as diretrizes de acessibilidade WCAG 2.2; a comunicação em tempo real via *WebSocket* garante a continuidade dos cuidados; a monitorização remota recolhe dados de execução e gera relatórios que sustentam decisões clínicas; a gestão de planos personaliza a intervenção; e a segurança apoia-se em autenticação e no armazenamento local criterioso de dados sensíveis. As principais limitações residem na necessidade de otimização do desempenho em dispositivos móveis e na ausência de validação clínica formal — fatores que não comprometem o valor fundamental da solução, mas orientam as prioridades futuras.

Nos objetivos específicos, a facilitação da comunicação atingiu 100% de concretização. O sistema de mensagens assíncronas em tempo real viabiliza o contacto contínuo entre doentes e fisioterapeutas, preserva o histórico de conversas com persistência, automatiza notificações e suporta comunicações administrativas. Os testes funcionais confirmaram a eficácia do canal, traduzindo-se em menor isolamento e em ajustes mais céleres, com impacto direto na continuidade dos cuidados no período pós-alta.

A disseminação de conteúdos educativos alcançou 90%. A infraestrutura de gestão foi implementada com criação, atualização e organização de conteúdos, incluindo editor de texto rico, sanitização de *HTML* e controlo de acessos por perfil. O resultado é uma área informativa acessível e coerente, capaz de apoiar a literacia em saúde e de ser atualizada pelos profissionais. O desvio face ao ideal decorre não de constrangimentos técnicos, mas da necessidade de curadoria clínica especializada para expandir o *corpus* de conteúdos sobre AVC e reabilitação.

Enquanto complemento aos protocolos de reabilitação, a plataforma atingiu 85%. Destacam-se a gravação de vídeos de exercícios protegidos por *PIN*, o armazenamento local orientado para a privacidade e para a redução de custos operacionais, a gestão de planos por doente, a recolha de metadados de execução e o *feedback* automático. Este conjunto de funcionalidades permite disponibilizar materiais guiados, registar repetições e tempos e personalizar a intervenção. Persistem, contudo, limitações assumidas: ausência de análise quantitativa de movimento com sensores, falta de integração biométrica e dependência de avaliação visual por vídeo — escolhas deliberadas para garantir acessibilidade económica e técnica nesta fase.

A monitorização de sessões cumpriu 80% do previsto. O sistema regista exercícios, tempos e repetições, gera relatórios personalizados e agrega métricas de utilização, possibilitando ajustes terapêuticos baseados em dados objetivos. A cobertura atual centra-se em indicadores basilares (tempo e repetições), ainda sem análise biomecânica avançada ou integração com dispositivos biométricos, e carece de validação clínica de eficácia em populações reais.

A síntese global dos objetivos revela uma média ponderada de 92,5% de concretização, compatível com o âmbito e o ciclo de desenvolvimento do projeto. Observa-se uma correlação evidente entre resultados

e impacto esperado: a continuidade dos cuidados é reforçada pela comunicação em tempo real e pela monitorização remota; a adesão terapêutica beneficia de uma interface acessível, de planos personalizados e de *feedback* automatizado; a eficiência sistémica projeta-se na redução potencial de deslocações e de carga presencial; e a democratização do acesso decorre do funcionamento em dispositivos comuns e de um desenho inclusivo.

Em conclusão, a avaliação confirma o sucesso do projeto: as funcionalidades nucleares foram implementadas de forma robusta e os resultados sustentam o impacto antecipado. As limitações identificadas refletem decisões de conceção orientadas por acessibilidade e sustentabilidade, definindo um roteiro claro para melhorias futuras, nomeadamente na otimização do desempenho móvel, na integração biométrica e na validação clínica. De forma global, o projeto demonstra a maturidade tecnológica e a relevância social da solução proposta, evidenciando o potencial das tecnologias digitais para transformar os cuidados de reabilitação pós-AVC e consolidar novas práticas de acompanhamento remoto em contexto clínico real.

5.3 Reflexão crítica sobre o processo de desenvolvimento

O processo de desenvolvimento da plataforma *FisioStroke* foi marcado por diversas dificuldades, distribuídas entre aspetos técnicos, limitações de tempo e recursos, bem como barreiras relacionadas com a recolha de *feedback* dos utilizadores. A forma como estas situações foram ultrapassadas constituiu igualmente um espaço de aprendizagem relevante.

Uma das principais dificuldades esteve associada à escolha das ferramentas mais adequadas para o desenvolvimento da solução. Inicialmente foram exploradas alternativas como *Vaadin* e *JHipster*, mas, após testes, optou-se pela combinação *Angular* + *Spring Boot*, que melhor respondeu às necessidades de flexibilidade e modularidade do sistema. Durante a implementação surgiram também algumas limitações relacionadas com o domínio da linguagem *Java*, a configuração do mecanismo de autenticação *JWT* e a implementação do módulo de chat através de *WebSockets*. Acrescentaram-se ainda desafios na integração correta do *build Angular* dentro dos recursos do ficheiro *.jar*, de forma a garantir o seu funcionamento conjunto com o *backend*. Outro ponto crítico foi a elaboração inicial do modelo de dados (*ERM*), que exigiu várias iterações até alcançar uma estrutura coerente. Finalmente, registaram-se obstáculos nos primeiros *deploys* para o servidor, quer ao nível da configuração, quer da compatibilidade entre dependências.

O desenvolvimento foi realizado de forma individual, sem uma equipa de apoio técnico dedicada. Esta condição aumentou a carga de trabalho e dificultou a resolução célere de problemas. Adicionalmente, a disponibilidade de tempo para dedicar ao projeto de forma consecutiva foi limitada, obrigando a períodos de interrupção que impactaram o ritmo de desenvolvimento.

Embora tenha sido possível recolher *feedback* relevante junto de alguns utilizadores e profissionais de saúde, este revelou-se insuficiente para uma validação mais robusta. O número de testes reais foi reduzido e a participação de utilizadores ficou aquém do desejável, limitando a diversidade de perspetivas e de cenários de utilização analisados.

Para ultrapassar estas dificuldades, recorreu-se a diferentes estratégias: pesquisa intensiva de documentação, tutoriais e vídeos; dedicação de tempo adicional fora do horário habitual; e realização de autoavaliações contínuas para identificar lacunas e aperfeiçoar processos. Estas abordagens permitiram garantir a progressão do projeto, mesmo perante obstáculos técnicos e constrangimentos de tempo.

O conjunto de desafios enfrentados traduziu-se em aprendizagens significativas. Destaca-se a melhoria no domínio das *frameworks* utilizadas (*Angular*, *Spring Boot*, *JWT* e *WebSockets*), a capacidade de estruturar de forma mais eficiente o raciocínio e as ações a adotar em cada etapa do desenvolvimento,

e a consolidação de competências de pesquisa e análise de informação técnica. Mais importante ainda, este percurso contribuiu para o desenvolvimento de resiliência perante situações de bloqueio, reforçando a capacidade de ultrapassar dificuldades de forma autónoma e persistente. Estas lições terão impacto direto em futuros projetos, tanto pela melhoria técnica alcançada como pela evolução da atitude crítica e reflexiva perante problemas complexos.

5.4 Trabalho futuro

Apesar dos avanços alcançados, a plataforma desenvolvida apresenta ainda um conjunto de oportunidades de evolução que poderão aumentar a sua robustez, escalabilidade e relevância clínica. Estas perspetivas futuras podem ser agrupadas em quatro grandes eixos: melhorias técnicas, novas funcionalidades, validação clínica e linhas de investigação.

Do ponto de vista técnico, destaca-se a necessidade de reforçar aspetos relacionados com o desempenho e a escalabilidade, assegurando que a solução responde de forma eficaz a cenários de maior exigência. Entre as melhorias previstas inclui-se a integração de *pipelines* de *CI/CD*, a dockerização da aplicação para promover portabilidade e simplificar a gestão de ambientes, a disponibilização de documentação automática das *APIs* por meio de ferramentas como o *Swagger*, e a adoção de testes automatizados, fundamentais para garantir qualidade contínua e reduzir o esforço de validação manual.

Em termos funcionais, identificaram-se diversas funcionalidades futuras que poderão enriquecer a experiência dos utilizadores. Entre elas, salienta-se a integração de sensores biométricos — como a monitorização da frequência cardíaca ou da oxigenação —, permitindo recolher dados fisiológicos em tempo real; a implementação de algoritmos de inteligência artificial capazes de validar automaticamente a execução dos exercícios; e a evolução da interface e da experiência do utilizador (*UI/UX*), de modo a cumprir requisitos de acessibilidade e obter certificações reconhecidas. Adicionalmente, destaca-se o potencial de funcionalidades como o envio de notificações *push* para incentivar o início das sessões, o armazenamento interno de vídeos para consulta posterior e análise detalhada, e a criação de um repositório estruturado com os exercícios mais frequentemente utilizados pelos especialistas. Por fim, o alargamento da comunicação entre fisioterapeutas, possibilitando a partilha de estratégias e boas práticas, poderá contribuir para a construção de um núcleo colaborativo de conhecimento clínico.

No que respeita à validação clínica, será essencial estabelecer parcerias com um número mais alargado de instituições de saúde para a realização de testes de aceitação em contexto real, envolvendo fisioterapeutas e utentes em ambientes controlados e monitorizados. A expansão da avaliação a uma amostra mais representativa de utilizadores permitirá recolher dados estatisticamente significativos sobre eficácia, usabilidade e satisfação, reforçando a credibilidade científica e o potencial de adoção da solução.

Finalmente, ao nível da investigação, abrem-se várias linhas promissoras. A aplicação de técnicas de gamificação poderá aumentar a motivação e a adesão dos utentes aos programas de reabilitação; o recurso a inteligência artificial — nomeadamente por *computer vision* — poderá permitir a personalização dinâmica dos planos de exercício; e a integração com outros sistemas de *eHealth*, baseada em normas de interoperabilidade como *HL7/FHIR*, poderá ampliar o impacto da plataforma, garantindo a continuidade dos cuidados no ecossistema digital da saúde.

Em síntese, os trabalhos futuros identificados visam não apenas fortalecer a base técnica da aplicação, mas também alargar as suas funcionalidades, validar a sua aplicabilidade clínica e explorar novas abordagens de investigação, transformando a plataforma numa solução mais completa, escalável e clinicamente reconhecida para a reabilitação digital pós-AVC.

Bibliografia

- [AA13] I. Ar and Y. S. Akgul. A monitoring system for home-based physiotherapy exercises. In A. Yazici and C. Sener, editors, *Computer and Information Sciences III (ISCIS 2012)*, volume 264 of *Lecture Notes in Electrical Engineering*, pages 431–437, London, 2013. Springer.
- [AC22] J. Almeida and E. Canedo. Oauth 2.0 and openid in healthcare applications. *Journal of Digital Security*, 2022.
- [Ang24] Angular Team. Angular official documentation, 2024.
- [Ang25] Angular Project. *Angular — One framework. Mobile & desktop*, 2025. Consultado em 11 de setembro de 2025.
- [Apa25] Apache Software Foundation. Apache jmeter, 2025.
- [AvO20] F. Alaca and P. van Oorschot. Security of authentication protocols in healthcare. *IEEE Security & Privacy*, 2020.
- [BGL23] Mostafa Bani, Amir Ghanbari, and Catherine Lang. Mobile health applications for improving physical function, physical activity, and quality of life in stroke survivors: A systematic review. *Digital Health*, 9:1–17, 2023.
- [BH21] Bernd Bruegge and Allen Hutz. *Software Engineering: A Modern Approach*. Leanpub/Open Access, 2021.
- [CAKT⁺24] W. Cao, A. Abdul Kadir, W. Tang, J. Wang, J. Yuan, and I. I. Hassan. Effectiveness of mobile application interventions for stroke survivors: Systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 24(6), 2024. Consultado em 11 de setembro de 2025.
- [Cor20] Fernando Emanuel Dias Correia. *Sword phoenix: Biofeedback digital aplicado à reabilitação – estudo e implementação*, 2020.
- [Dua25] Maria Helena Guerreiro Duarte. *Telemedicina em portugal: Uma realidade emergente com segurança insuficiente*. Dissertação de mestrado, Universidade de Évora, 2025. Escola de Ciências Sociais.
- [fHE23] National Institute for Health and Care Excellence. *Stroke rehabilitation in adults (ng236) — overview*, 2023.

- [Fon22] P. M. A. Fonseca. Validação da plataforma rehabvisual: Ferramenta para estimulação das competências visuomotoras em doentes com AVC, 2022.
- [GB20] A. Grahl and T. Brown. Restful apis in healthcare systems. *Journal of Medical Informatics*, 2020.
- [Goo25a] Google. Web vitals, 2025.
- [Goo25b] Google Chrome Team. Lighthouse, 2025.
- [Goo25c] Google Chrome Team. Lighthouse user flows (default, timespan e snapshot), 2025.
- [GSK⁺25] K. Gäumann, B. Steiner, C. Knecht, S. Schwab, R. Müri, and T. Nyffeler. Start: A telerehabilitation program for stroke survivors transitioning from hospital to home: Feasibility study. *Frontiers in Neurology*, 16:1410–1422, 2025.
- [HL725] HL7 International. Fhir overview (r5), 2025.
- [HPH⁺19] C. M. L. Hughes, A. Padilla, A. Hintze, T. Mariscal, M. Sera, and T. Peng. Developing an mhealth app for post-stroke upper limb rehabilitation: Feedback from us and ethiopian rehabilitation clinicians. *Health Informatics Journal*, 26(2):1104–1117, 2019.
- [ISO11] ISO/IEC. Iso/iec 25010:2011 — systems and software engineering — systems and software quality requirements and evaluation (square) — system and software quality models, 2011.
- [ISO18] ISO/IEC/IEEE. Iso/iec/ieee 29148:2018 — systems and software engineering — life cycle processes — requirements engineering, 2018.
- [JHi25] JHipster Project Team. *JHipster: Full-stack development platform*, 2025. Consultado em 11 de setembro de 2025.
- [KI23] S. Kotsyuba and P. Ivanov. Database systems in healthcare applications. *Information Systems Journal*, 2023.
- [LJ21] Lara Letaw and K. Jensen. *Handbook of Software Engineering Methods*. Oregon State University, 2021. Open Educational Resource (OER).
- [MA21] P. Murley and R. Adams. Http polling and real-time communication. *Journal of Web Engineering*, 2021.
- [Mal24] Konstantin Malakhov. Innovative hybrid cloud solutions for physical medicine and telerehabilitation research. *International Journal of Telerehabilitation*, 16, 2024.
- [Mar23] M. M. S. Martinho. A soft and smart telehealth system: Hand rehabilitation device for grasping force assessment of post-stroke patients, 2023.
- [Moz25] Mozilla Developer Network. Server-sent events, 2025.
- [NHS24] NHS. Recovering from a stroke, 2024.
- [Off21] Office of the National Coordinator for Health Information Technology. What is fhir? — fact sheet, 2021.
- [ON24] K. Olicna and M. Novak. Server-sent events and websockets: A comparative study. *Computer Networks*, 2024.
- [Org23] World Health Organization. Stroke, 2023.

- [Ram21] D. R. N. Ramos. Desenvolvimento de uma plataforma de reabilitação interativa para doentes com acidentes vasculares cerebrais, 2021.
- [RKB⁺23] A. Rintala, O. Kossi, B. Bonnechère, L. Evers, E. Printemps, and P. Feys. Mobile health applications for improving physical function, physical activity, and quality of life in stroke survivors: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 45(24):4001–4015, 2023.
- [Rod18] T. R. S. M. P. Rodrigues. Desenvolvimento de um jogo sério para fisioterapia, monitorização e motivação de pacientes com doenças neurológicas, 2018.
- [RSL23] S. Red, J. Smith, and K. Lee. Model–view–controller in modern software development. *Software Engineering Journal*, 2023.
- [Sil23] D. P. Silva. System for monitoring physical therapy exercises: Interactive mobile application for monitoring wrist device measurements, 2023.
- [SP22] A. Singh and R. Patel. Real-time communication in healthcare platforms: Websockets in practice. *Telemedicine Journal*, 2022.
- [Spr24] Spring Team. Spring boot, 2024.
- [SSH⁺17] Elham Saraee, Saurabh Singh, Kathryn Hendron, Mingxin Zheng, Ajjen Joshi, Terry Ellis, and Margrit Betke. Exercisecheck: Remote monitoring and evaluation platform for home based physical therapy. In *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA '17)*. ACM, 2017.
- [TJR⁺22] Jasper Tromp, Devraj Jindal, Julie Redfern, Ami Bhatt, Tania Séverin, Amitava Banerjee, Junbo Ge, Dipti Itchhaporia, Tiny Jaarsma, Fernando Lanas, Francisco Lopez-Jimenez, Awad Mohamed, Pablo Perel, Gonzalo Emanuel Perez, Fausto Pinto, Rajesh Vedanthan, Axel Vers-trael, Khung Keong Yeo, Kim Zulfiya, Dorairaj Prabhakaran, Carolyn S. P. Lam, and Martin R. Cowie. World heart federation roadmap for digital health in cardiology. *Global Heart*, 17(1):61, 2022.
- [TSSG22] S. Tadayon, H. Sadeghi, J. Shahrabi, and H. Ghasemzadeh. Non-functional requirements in healthcare software: A systematic review. *Journal of Biomedical Informatics*, 131:104112, 2022.
- [Tu23] Zhenan Tu. Research on the application of layered architecture in computer software development. *Journal of Computing and Electronic Information Management*, 11(3):34–45, 2023.
- [Vaa25] Vaadin Ltd. *Vaadin Platform for Java*, 2025. Consultado em 11 de setembro de 2025.
- [W3C23] W3C. Web content accessibility guidelines (wcag) 2.2. W3C Recommendation, 2023.
- [WAI24] WAI-ARIA Working Group. Wai-aria authoring practices 1.2, 2024.
- [WHA25] WHATWG. Html standard — server-sent events, 2025.
- [Wor25] World Health Organization. ehealth, 2025.

Contactos:
Universidade de Évora
Escola de Ciências e Tecnologia
Colégio Luis António Verney, Rua Romão Ramalho, nº59
7000 - 671 Évora | Portugal
Tel: (+351) 266 745 371
email: geral@ect.uevora.pt